日機連18研究交流

機械メンテナンス高度化に関する調査研究

－機械メンテナンス高度化研究専門部会報告書（Ⅱ）－

平成19年３月

社団法人　日本機械工業連合会

KEIRIN
この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
http://keirin.jp/

序

世界を先導する高水準の産業技術力を保持していくことが、わが国経済の持続的発展の重要な原動力になりますが、このところの中国をはじめとするアジア諸国の生産・技術力の向上や、欧米諸国の差別化・高付加価値したもの作りの進展など、ここ10年余の間に世界の競争構造は大きく変化し、わが国の産業技術力の相対的低下が懸念されております。

このような状況を打開し、持続的成長を確保していくためには、より付加価値の高い財とサービスを生み出し、より生産性の高い新事業、新市場を創出していかなければなりません。そのためには、新技術のシーズ創出につながる基礎研究から基本技術の創造、実用化、市場の創出まで幅広い視野で、より有機的な産官学の連携を進め、絶え間のない革新技術を生み出していくことが必要不可欠なことと考えられます。

このような認識のもと当会では、平成17年度に産官学連携を促進する場として機械メンテナンス高度化研究専門部会を設け、安全性・信頼性の向上等を目指した機械システムメンテナンスの高効率化を実現するための調査研究を行いました。

本報告書は、同調査研究の平成18年度の活動成果を取りまとめたものですが、各位のご参考に供するとともに、本研究交流事業へのご指導、ご協力に対し厚く御礼申し上げる次第です。

平成 19 年 3 月

社団法人　日本機械工業連合会

会　長　　金　井　　務

はしがき

機械メンテナンス高度化研究専門部会
部会長　森　田　　温
（三菱電機株式会社　開発業務部長）

近年、プラントや機械システムに関わる重大事故が多発しており、その安全確保のための体制整備と信頼性向上につながる安全対策の実施が求められています。

一方、BRICs諸国をはじめ発展途上国の技術力向上、先進諸国間の技術競争など世界の産業競争力構造が大きく変化する中で、高付加価値化やコストダウンが求められ、その一環としてメンテナンスに関わる予算、人員の削減などにも踏み込まざるを得ない状況もあります。

また、資源節約、廃棄物削減等、環境面での社会的貢献が企業評価につながる状況下で、コスト等に起因する製品、装置の安易な交換、廃棄は企業価値を下げる要因にもなりかねません。

このような背景の中で日機連では、メンテナンスを従来の維持・補修という概念から、機能のグレードアップ化など企業の利益や競争力の源泉を生み出す新たな概念と捉え、その実現のための技術的方策と、マイクロロボット等の先端機械技術の導入によるメンテナンスの高度化、機械化・自動化、省力化、低コスト化を実現するための技術的課題について調査研究を行うこととし、平成17年度に機械メンテナンス高度化研究専門部会を発足させました。

本報告書は、機械メンテナンス高度化研究専門部会の平成18年度の調査成果として、メンテナンスにかかわるリモートモニタリングなど先進的な技術の現状、共通的な課題としての人材育成と技術伝承への対応、新たな概念構築に向けたメンテナンスの将来像を中心に取り纏めたもので、関係各位にご活用いただければ幸いです。

なお、今年度の専門部会の活動の中で見学に快く応じて下さった三菱電機㈱名古屋製作所殿、菱電工機エンジニアリング㈱殿、住友化学㈱愛媛工場殿の関係者の皆様に心より感謝申し上げます。また、会合の中で貴重なお話をいただいた三菱重工業㈱の坂田文稔委員、㈶エンジニアリング振興協会の朝倉紘治委員をはじめ、調査活動にご尽力をいただいた委員各位に厚く御礼を申し上げます。

機械メンテナンス高度化研究専門部 委員名簿

（敬称略、研究機関・企業名五十音順）

部 会 長	三菱電機㈱　開発本部開発業務部長	森 田　温
副部会長	独立行政法人産業技術総合研究所 臨海副都心センター所長代理	石 川 雄 一
幹　事	三菱電機㈱　開発本部開発業務部企画グループ専任	大 寺 廣 樹
委　員	石川島播磨重工業㈱ 基盤技術研究所構造研究部強度評価グループ主査	馬 場 秀 成
委　員	㈶エンジニアリング振興協会 高度メンテナンス技術開発室長・研究理事	朝 倉 紘 治
委　員	㈱ジェイテクト　研究開発センター研究企画部 研究企画室主担当	武 田　稔
委　員	㈱ダイヘン　執行役員事業開発推進本部長	笠 上 文 男
委　員	日立造船㈱　理事　プロジェクト管理室長	安藤　真一郎
委　員	富士電機アドバンストテクノロジー㈱ 生産技術センター 生産技術研究所所長	松 田 幹 彦
委　員	三菱重工業㈱　原動機事業本部サービスセンター主任	坂 田 文 稔
事 務 局	㈳日本機械工業連合会　常務理事	平 野 正 明
同	㈳日本機械工業連合会　業務部長	倉 田 正 明
同	㈳日本機械工業連合会　業務部次長	多 並 輝 行
同	㈳日本機械工業連合会　業務部	戸 田　譲

原　稿　執　筆　分　担

（敬称略）

1．　石　川　雄　一　（独立行政法人産業技術総合研究所　臨海副都心センター所長代理）

2．　森　田　　温　（三菱電機㈱ 開発本部開発業務部長）

3．

3．1　坂　田　文　稔　（三菱重工業㈱　原動機事業本部サービスセンター主任）

3．2　森　田　　温　（三菱電機㈱ 開発本部開発業務部長）

3．3　住友化学㈱愛媛工場　提供資料

4．（順不同、氏名五十音順）

安　藤　真一郎　（日立造船㈱　理事　プロジェクト管理室長）

大　寺　廣　樹　（三菱電機㈱　開発本部開発業務部企画グループ専任）

笠　上　文　男　（㈱ダイヘン　執行役員事業開発推進本部長）

坂　田　文　稔　（三菱重工業㈱　原動機事業本部サービスセンター主任）

武　田　　稔　（㈱ジェイテクト　研究開発センター研究企画部企画室主担当）

馬　場　秀　成　（石川島播磨重工業㈱　基盤技術研究所構造研究部強度評価グループ主査）

松　田　幹　彦　（富士電機アドバンストテクノロジー㈱
生産技術センター生産技術研究所所長）

5．　朝　倉　紘　治　（㈶エンジニアリング振興協会 高度メンテナンス技術開発室長・研究理事）

6．　石　川　雄　一　（独立行政法人産業技術総合研究所　臨海副都心センター所長代理）

7．　森　田　　温　（三菱電機㈱ 開発本部開発業務部長）

平成18年度の活動概況

日　時	会 合 名	実　施　事　項
18.6.20	第2回幹事会	平成18年度の調査の進め方について検討を行った。
18.7.27	第7回専門部会	坂田文稔委員(三菱重工業㈱原動機事業本部サービスセンター主任)から「「つなみ」5m～15mの配管探傷を瞬時に行える「ガイド波による探傷監視システム」と題し、説明を聞き、意見交換を行った。引き続き、本年度の調査研究のテーマとして趣旨、調査成果のイメージ、調査対象、活動概要、活動計画素案について検討した。
18.9.7	第8回専門部会	朝倉紘治委員（㈶エンジニアリング振興協会研究理事）から「メンテナンス人材の確保・育成、技術の伝承について」と題して、メンテナンス学と大学教育の現状、人材育成、石油化学工業におけるメンテナンス業務、2007年問題、メンテナンスに必要な人材像、メンテナンス人材教育の課題、技術伝承の課題について説明を聞き、意見交換を行った。引き続き、今後の現地調査先等について検討した。
18.10.4	第9回専門部会	三菱電機㈱名古屋製作所及び菱電工機エンジニアリング㈱（愛知県名古屋市東区）で開催した。 三菱電機㈱名古屋製作所では、風間務副所長から三菱電機㈱名古屋製作所の概要、FA事業、生産ラインの稼働状況や品質傾向をリアルタイムに把握できる「e-F@ctory」等について説明を聞いた。引き続き、FAコミニュケーションセンター（FCC）で、名古屋製作所で生産している位置決め装置、回転制御装置、工業用ロボットなどの製品展示と動作例を見学した。さらに加工技術センターで、金属を高精度に加工する放電加工機、レーザ加工機とその加工サンプル等を見学した。 放電加工機、レーザ加工機、NC（CNC）等のメンテナンス、アフターサービスを行っている菱電工機エンジニアリング㈱では、西村康雄メルダス事業部長から、同社が提供する4時間サポートサービス”NC24”とパソコンを活用した遠隔監視診断サービスシステム”安心ネット”等について説明を聞き、コールセンターを見学した。
18.11.14	第10回専門部会	住友化学㈱愛媛工場（愛媛県新居浜市）で開催した。同社は基礎化学部門を支える生産基地として石油化学部門、精密化学部門で幅広く製品展開をしており、精密製品を多く作る一方、過酷な条件の中でメンテナンスを実施している同社でのメンテナンスの位置づけ、機械周りでの診断技術、技術伝承・人材教育等を中心に調査を実施した。当日は、愛媛工場のメンテナンスの概要について工務部CL・丸金義夫氏から、技術・技能伝承の取組について協力会社の青木工業GM・石川正法氏から、重回転機の保全業務と保全技術の向上と伝承に取り組むSC回転機チームについて工務部主席部員・西田治氏から紹介を受けた。さらに機械周りのメンテナンスを担当している青木工業の作業場を見学した。
19.2.22	第11回専門部会	先に実施した①メンテナンスの将来像、②高度化のための方策、③地位向上・概念拡張に関するアンケート結果に基づき、共通的なポイント、まとめの方向について検討するとともに平成18年度目次(案)について討議した。
19.3.30	第12回専門部会	各委員からそれぞれの分野での「メンテナンスの将来像」に関するレポート内容について説明するとともに、報告書への掲載に当たっての統一事項等について確認した。

機械メンテナンス高度化に関する調査研究
－機械メンテナンス高度化研究専門部会報告書（Ⅱ）－

目　　次

Ⅰ　序
Ⅱ　はしがき
Ⅲ　委員名簿
Ⅳ　原稿執筆分担
Ⅴ　平成18年度の活動概況
Ⅵ　目次
Ⅶ　本論
１．緒言 …… 1
２．調査研究の概要
2.1　調査研究の目的 …… 3
2.2　調査研究の内容と方法 …… 3
３．機械メンテナンスの実例
3.1　プラント配管におけるメンテナンス
－ガイド波による探傷監視システム「つなみ」－ …… 5
3.2　工作機械におけるリモートメンテナンスと課題 …… 11
3.3　化学プラントにおけるメンテナンス
－住友化学㈱愛媛工場のメンテナンスの概要－ …… 14
４．機械メンテナンスの現状と課題、解決策
4.1　大型火力発電設備における現状と課題、解決策…… 37
4.2　「中小型発電設備」の現状と課題、解決策…… 39
4.3　「一般廃棄物処理施設」の現状と課題、解決策…… 41
4.4　昇降機分野の現状と課題、解決策…… 43
4.5　産業用ロボットの現状と課題、解決策…… 45
4.6　ジェットエンジンメンテナンスの現状と課題、解決策…… 48
4.7　電動機のメンテナンスの現状と課題、解決策…… 50
4.8　回転機械要素の現状と課題、解決策 …… 52
５．メンテナンス人材の確保・育成、技術の伝承について
5.1　メンテナンス人材の現状…… 57
5.2　メンテナンスに関する大学教育 …… 57
5.3　石油化学工場におけるメンテナンス業務 …… 59
5.4　メンテナンスに必要な人材像 …… 60
5.5　メンテナンス人材教育と技術伝承についての課題 …… 60
６．メンテナンスの地位向上のための方策・提案 …… 63
７．まとめ …… 65

本　　論

1．緒　言

１．緒言

機械メンテナンス高度化研究専門部会は、日本機械工業連合会の専門部会のひとつとして、2005年度に発足した。今年度はその2年度目に当たり、産業界から8名、公益法人から1名、公立研究機関から1名の計10名の委員体制のもとで、昨年度の調査結果を踏まえた調査研究を行うこととした。

近年、メンテナンスに起因する機械設備の重大事故が多発しており、機械設備の安全性・信頼性の向上策として、メンテナンスの重要性が指摘されている。また、機械設備の長寿命化（産業廃棄物の削減）による地球環境の保護といった観点からも、メンテナンスの重要性が益々高まってきている。

一方、メンテナンスは人手によらざるをえない作業が多く、熟練技術者の高齢化に伴う技術の継承、若手人材の不足や人件費の問題等、数多くの深刻な課題を抱えている現状にある。このため、現在人手に頼っているメンテナンスに対して、新たな先端技術等を導入することによって、メンテナンスの高度化、省力化、自動化を達成し、あわせて低コスト化を図ることが求められている。

そこで、本調査研究は、以下の3点を目的として、実施することとした。

⑴　機械メンテナンスに関する事業、技術の動向の把握

⑵　機械メンテナンスの現場の見学・調査等を通して現状の把握と課題の抽出

⑶　機械メンテナンス高度化に向けた取り組みの把握

具体的には、リモートモニタリングなど先進的な取り組みを行っている企業現場等の実例の見学・講演聴講・調査、製品分野ごとの機械メンテナンスの現状、5~10年先の将来展望と課題・解決策の調査、共通的な課題としてのメンテナンス人材の確保・育成、技術伝承の方策や、メンテナンスの地位向上のための方策の調査を行った。

本調査研究報告書は、その結果を取りまとめたものである。

本調査研究は、来年度も継続して実施する予定であり、本調査研究により抽出された課題・方策等について、さらに整理・議論等を進め、深堀することによって、より具体的な取り組み・提案へと発展させていきたい。

２．調査研究の概要

2．調査研究の概要

2.1　調査研究の目的

機械メンテナンス高度化の調査研究では以下の3つを目的としている。

⑴　機械メンテナンス関する事業・技術の動向の把握

⑵　機械メンテナンスの現場の見学・調査等を通して現状の把握と課題の抽出

⑶　機械メンテナンス高度化に向けた取り組みの把握

2.2　調査研究の内容と方法

実際の調査研究では、講演、企業の見学、本専門部会のメンバーによる現状の調査などを実施した。

まず、三菱重工業㈱から参加いただいている坂田委員から配管のメンテナンスに関連した新技術である「ガイド波による探傷監視システム」について報告いただいた。(本報告書3.1に掲載)

次に、FA機器の保守に関連して三菱電機㈱名古屋製作所および菱電工機エンジニアリング㈱を見学させていただき、リモートメンテナンスシステムによる保守体制などについて紹介いただいた。(本報告書3.2に掲載)

また、住友化学㈱愛媛工場を見学させていただき、化学プラントにおけるメンテナンスの現状および協力会社を含めた保守業務の改善などについて紹介いただいた。(本報告書3.3に掲載)

また、各委員が機械メンテナンスの現状と課題、および解決策等について、それぞれの立場、製品分野ごとに報告している。(本報告書4.1～4.8)

また、「メンテナンス人材の確保・育成、技術の伝承」と題して、㈶エンジニアリング振興協会から参加いただいている朝倉委員から講演いただき、メンテナンスに携わる人材の育成、技術伝承の動向、課題などを聴取した。(本報告書5に掲載)。

さらに、産業技術総合研究所から参加いただいている石川副部会長に、メンテナンスの地位向上のための方策・提案についてまとめていただいた。(本報告書6に掲載)。

今後はさらに、これらの課題を整理・議論し、深堀することによって、より具体的な取り組みへと発展させたい。

３．機械メンテナンスの実例

3．機械メンテナンスの実例

3.1　プラント配管におけるメンテナンス
－ガイド波による探傷監視システム「つなみ」－

近年、給水配管等の減肉を対象とした検査においては、検査対象範囲全域の保温撤去・復旧と、膨大な点数のUT検査を実施している。これらの検査を効率的に実施する新しい方法として、1つのセンサで広範囲の配管検査が可能となるガイド波による探傷監視システムG-Monitorを開発した。本技術により、保温や足場の撤去・復旧工事の大幅な削減が可能となり、かつ気軽にいつでも計測できるようになった。本節では、同システムによる探傷試験結果と火力発電プラントにおける適用要領について紹介する。

3.1.1　G-Monitorのシステム構成

ガイド波とは、部材中を軸(長手)方向に伝播する超音波振動モードを言うが、図3.1.1に示すように津波が流れる状態をイメージするとその特性を理解しやすい。小さな堤防であれば、それを乗り越える際に津波の水位は少しだけ高くなる。

一方、大きな堤防を乗り越える際に津波の水位は非常に高くなる。この堤防が欠陥、水位の高さがエコー振幅と考えればよい。このような特性を持ったガイド波を配管に伝播させるG-Monitorのシステム構成を図3.1.2に示す。配管の外表面に接着剤を用いてFe-Co等の金属箔を貼り付け、その外表面にリード線を巻きつけてコイル状として、センサを構成する。センサから発信されたガイド波は配管の軸方向に伝播するが、欠陥に伴う配管断面積の欠損部があると、その部位で反射波が発生する。そこで、ガイド波を発信してから反射波がセンサに到達するまでの時間によりセンサから欠陥までの距離を、また反射波のエコー振幅の大きさから欠陥の大きさを推定することができる。

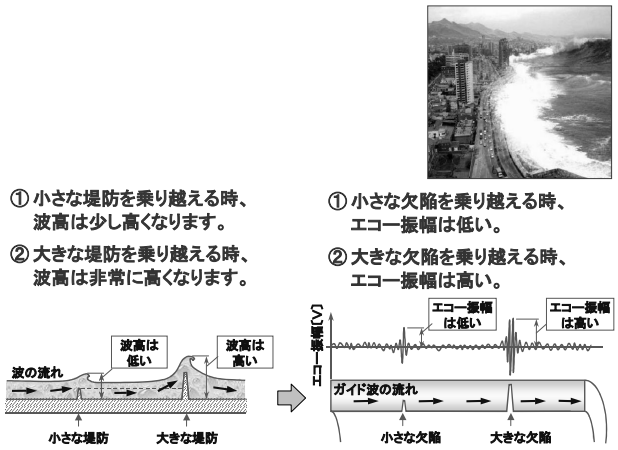


図3.1.1　ガイド波による探傷のイメージ図

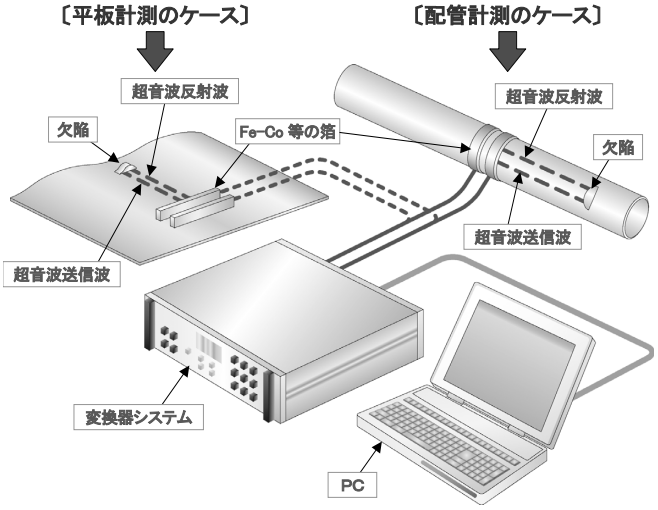


図3.1.2　ガイド波による配管の探傷監視システムの構成

図3.1.3にG-Monitorの仕様を示す。

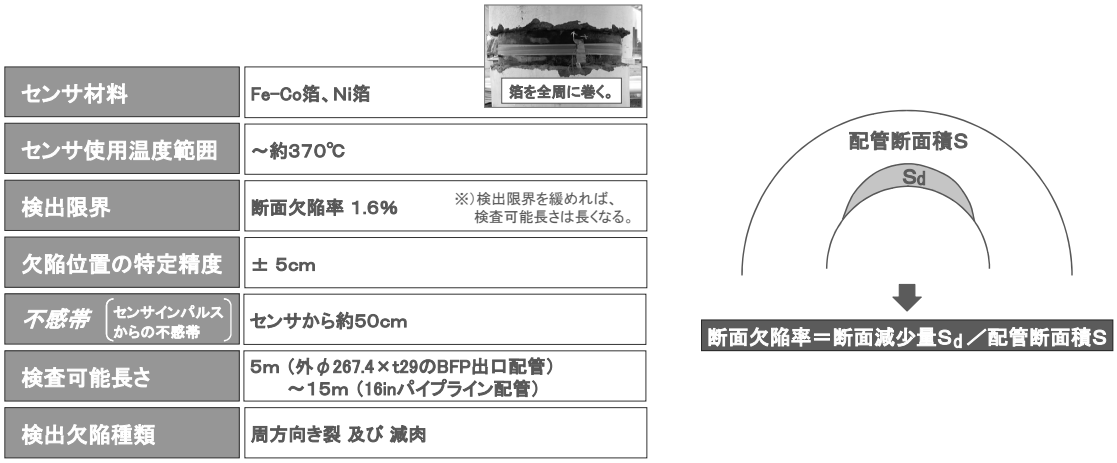


図3.1.3　G-Monitorの仕様

3. 1. 2　G-MonitorとUT検査の役割分担

ここで配管検査の役割分担を理解するに当たり、図3.1.4に示す氷山をイメージしてみる。我々の目に見える氷山はその一角であり、実際にはその下に隠れる氷山の全貌をイメージすることは難しい。

言わば、氷山における全貌を把握する役割がG-Monitorで、その結果、表面に現れている氷山を詳細に検査するものがUT検査という役割になる。

すなわち、火力発電プラントの配管探傷検査においては、G-Monitorは配管長さ5～15mの範囲の欠陥をスクリーニングするもので、どの位置にどの程度の欠陥があるか瞬時に計測するものである。そして、この結果を踏まえ、確認された個々の欠陥部をUTで詳細検査するというのが主な役割分担である。

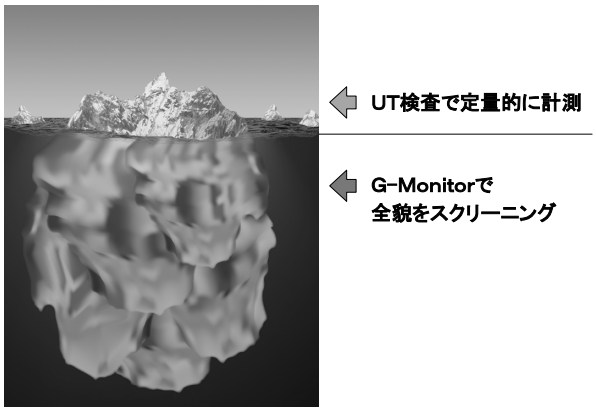


図3.1.4　G-Monitorで氷山の全貌を
スクリーニングするイメージ図

3.1.3　G-Monitorによる検査のメリット

図3.1.5に本システムのメリットを示す。使用するセンサは、厚さ0.2mmの金属箔、接着剤、そしてリード線により構成されるが、その厚さが約4mmと薄いため、図3.1.6に示すようにセンサを設置した後そのまま保温を復旧することが可能である。よって、保温撤去・復旧の際に足場が必要な場所でも、センサのリード線を長くしておくだけで足場の設置や保温の撤去・復旧をすることなく、計測することが可能である。

次に、ガイド波は減衰が少ない低周波の超音波を使用し、かつ配管の軸方向に伝播させるため、センサから配管軸方向に5～15mの範囲内の探傷が可能である。よって、UT計測のように計測対象範囲全面の保温を撤去する必要がなく、センサ設置部近傍の保温を撤去するだけで計測可能であり、保温工事や廃棄物を大幅に削減することができる。

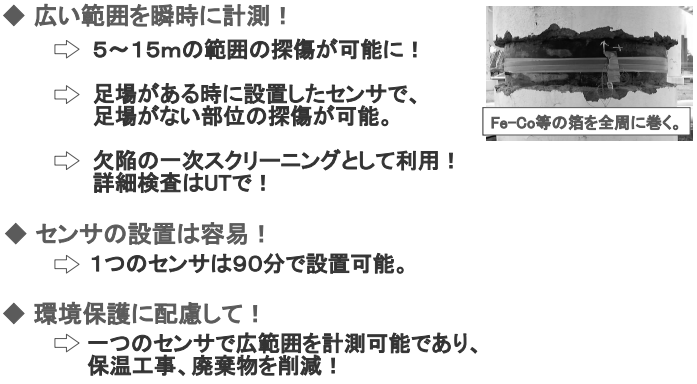


図3.1.5　ガイド波による探傷監視システムのメリット

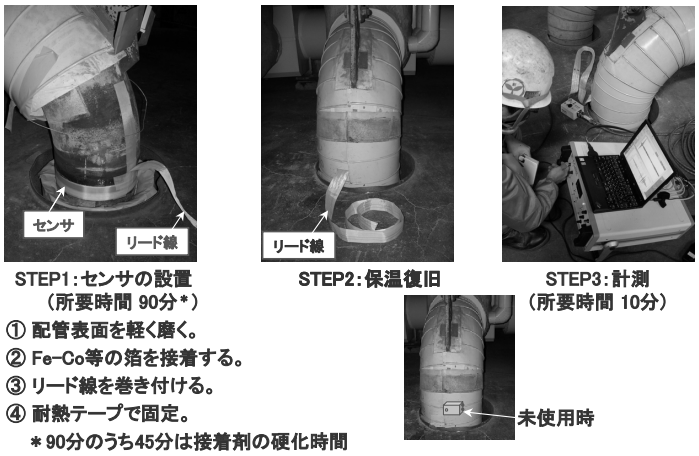


図3.1.6　実機ユニットでのセンサ設置状況

3.1.4　ガイド波による探傷の原理

図3.1.7に減肉部においてガイド波が反射する原理を示す。反射波は、超音波の伝播のしにくさを表す音響インピーダンスの変化の違いにより生じる。音響インピーダンスは、断面積、密度、そして音速の積で表されるので、同じ材質、温度の場合の音響インピーダンスは断面積のみに依存するため、反射波は断面積が変化する部分で生じることになる。またこのことから、減肉の発生部位（外表面または内表面）にかかわらず、減肉を検出可能であることがわかる。

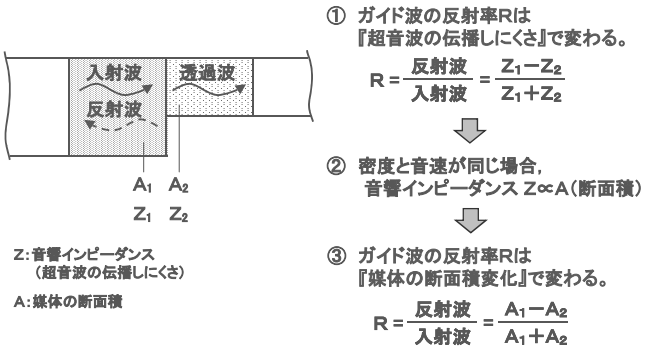


図3.1.7 減肉部においてガイド波が反射する原理

3. 1. 5　G-Monitorにより計測可能な部位

火力発電プラント配管にG-Monitorを適用するための各種検証試験を実施した結果、配管のなだらかな減肉、直管部、配管エルボ部、配管レデューサ部の欠陥を計測できることが確認できた。

これらの結果を踏まえ、火力発電プラントの配管系統にG-Monitorのセンサを設置する場合の一例を図3.1.8に示す。

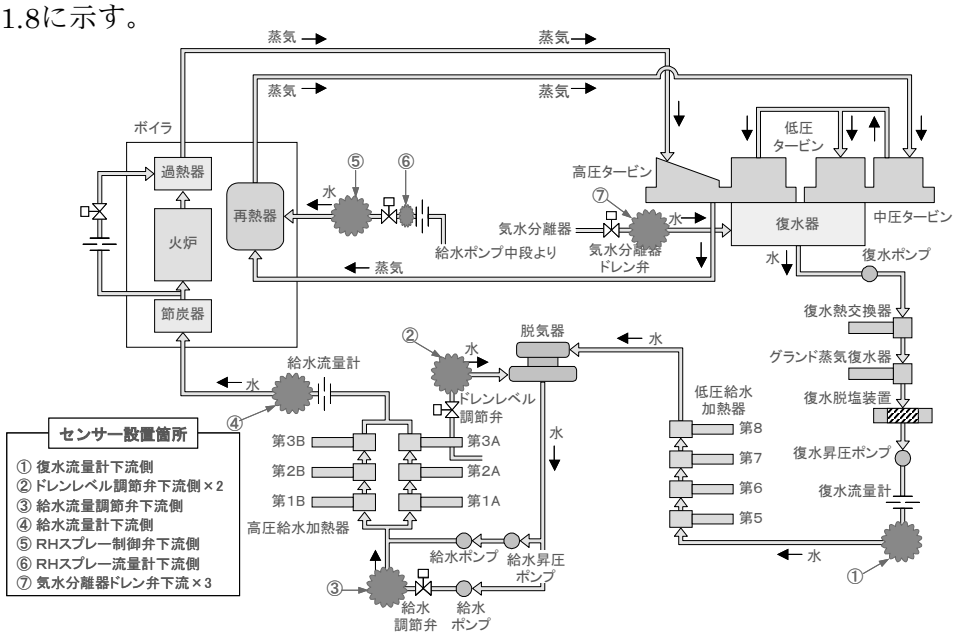


図3.1.8　G-Monitorを火力発電プラントでどの様に使うかの一例を示した図

以下、各種検証試験の結果について述べる。

⑴　軸方向のなだらかな減肉の探傷試験

実機配管において発生する減肉は、軸方向になだらかな勾配を有する。そこで、軸方向に400mmで深さ3mmのなだらかな減肉を模擬した人工欠陥の探傷試験を実施した。その断面欠陥率は10％である。

図3.1.9に計測試験の結果を示す。なだらかな減肉模擬人工欠陥部のエコー振幅値は、ノイズレベルの3倍のエコー振幅値となっており、なだらかな減肉を検出することは可能である。

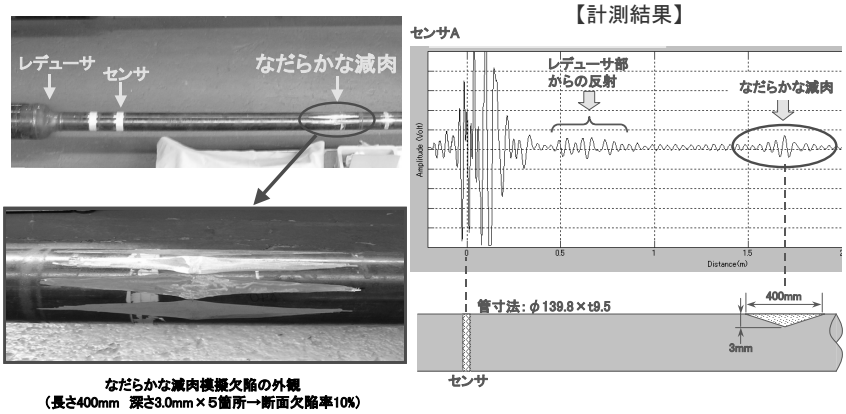


図3.1.9　軸方向になだらかな勾配の減肉の探傷試験結果

⑵　欠陥の検出限界確認結果

直管部、エルボ部、そしてレデューサ部に切込み状の人工欠陥を導入し、その検出限界を確認した。

図3.1.10に断面欠陥率1.6％の切込みを導入した直管部の計測結果を示す。切込み導入位置でのエコー振幅値は、計測対象範囲のノイズレベルの２倍の値となっている。よって、断面欠陥率1.6％の欠陥まで検出することができる。

次に、エルボ部及びレデューサ部に切込みを導入した計測により、エルボ部背側では断面欠陥率4.2％の欠陥まで、またレデューサ部では断面欠陥率5.2％の欠陥まで検出できることを確認した。

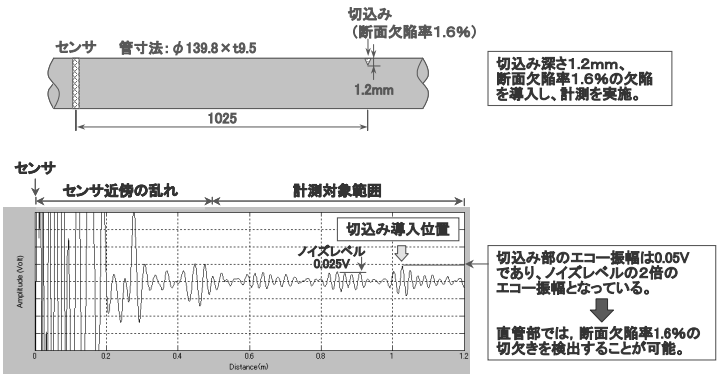


図3.1.10　直管部の欠陥検出限界

⑶　ガイド波の減衰要因の影響

実機配管の拘束や形状不連続部においては、ガイド波が減衰して計測ができなくなることが懸念される。そこで、各種減衰要因の影響について各種計測試験を実施した。

図3.1.11にエルボ部の計測結果を示す。エルボ部前後の周溶接１と周溶接２におけるエコー振幅には変化が見られ、15％減衰しており、エルボ部においてガイド波は減衰する。

また、レデューサ部とUロッド部の計測によりレデューサ部とUロッド部でのガイド波の減衰は無視できることを確認した。

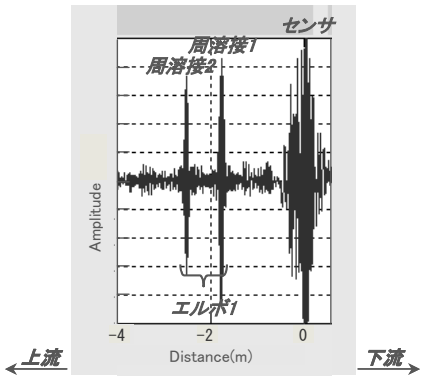
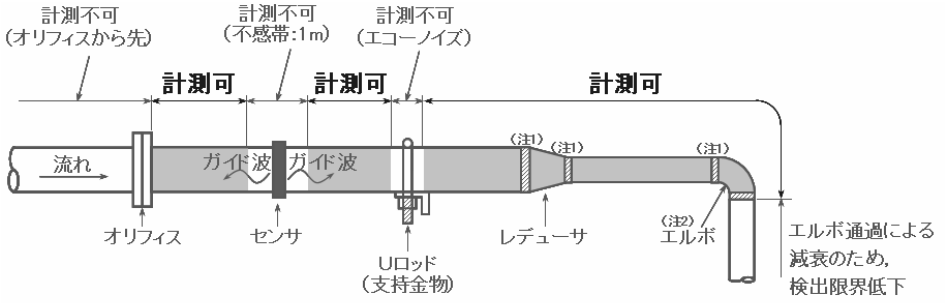


図3.1.11　エルボ部の減衰計測結果

図3.1.12に、配管上で計測可能な部位をまとめて示す。



（注1）溶接部はエコーノイズのため、
欠陥発生前後の波形の差を取ることに
より検出可能。
（注2）エルボ背側の切込みは計測可。
エルボ腹側の切込みは計測不可。

図3.1.12　現状のシステムで計測可能な部位

⑷ 計測可能な温度条件

火力発電プラントの配管においては運転中に温度が上昇するため、その運転時の温度によってはセンサが機能しなくなり、センサの常設や運転中のモニタリングが困難となる可能性がある。そこで、センサ材料、接着剤、そしてセンサ施工条件の最適化を行い、370℃まで計測可能な高温用センサを開発した。

図3.1.13に従来のセンサと高温用センサの計測試験結果を示す。この結果からわかるように、従来型センサは145℃で計測不可となるのに対し、高温用センサは370℃でもエコー振幅は室温時と変わらず計測可能である。現在その長時間耐久性の検証を実施している。

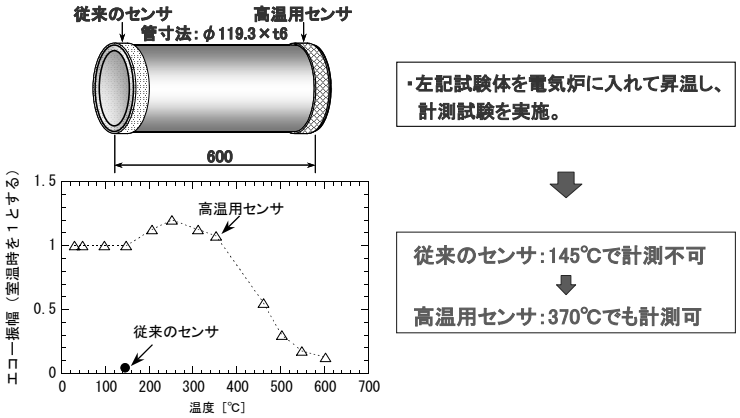


図3.1.13　高温での計測試験結果

3.2　工作機械におけるリモートメンテナンスと課題

3.2.1　はじめに

工作機械は機械加工や特殊加工など、その加工法や用途は様々であるが生産現場において加工を担う生産財として広く用いられてきた。近年の設備投資増大に伴い、生産額は年間1兆円を超えるなど、量の増大と共に、その設置場所も様々な地域に広がっている。

3.2.2　メンテナンスの必要性について

工作機械は生産財として高い稼働率と共に、初期の性能をできる限り維持することが求められる。また、稼働状況監視などIT化の進展に伴う生産システムへの要求に応えるなど、初期性能の維持のみならず機能の向上が要求される事も想定される。工作機械には、機構部品、駆動装置、電気電子部品など様々な部品が用いられるが、長い期間に亘って使用するためには、それぞれの特性にしたがって適正なメンテナンスを行うことが必要である。また、制御装置のソフトウェアも環境の変化などにしたがって適正なメンテナンスが要求される。

特に、故障時の生産に与える影響を考えると、定期的に必要な部品を保守することによりMTBF*)を増大させておくと共に、故障時のMTTR**)をできる限り短くすることが重要である。故障時には、故障部位の特定や部品の交換などが必要となるが、迅速な処理のためには初期段階での正確な故障状態の把握が重要となる。以下で述べるリモートメンテナンスは、通常は工作機械を監視することによりその状況を把握するとともに、故障時には速やかにサービス拠点へ情報を通知し、MTTR**)の短縮に極めて有効な手段と言える。

*)MTBF：Mean Time Between Failures、**)MTTR：Mean Time To Repair

3.2.3　リモートメンテナンスシステム「安心ネット」

ここでは、リモートメンテナンスシステムの一例として、工作機械の制御装置を対象とした菱電工機エンジニアリング株式会社(以下RKEと略す)の提供するrke「安心ネット」について述べる。このシステムの導入により故障時に迅速に対応することが可能となるだけでなく、機械間でのプログラム交換など、より便利な機能が提供されることになる。

⑴　rke安心ネット

図3.2.1にrke安心ネットによる遠隔サービスシステム概念図を示す。rke安心ネットは以下の特徴がある。

- PHS回線を利用して、遠隔診断などを実現するMELDAS CNCの新しいサービスメニューである。ユーザが、更に生産活動に専念して頂くことをコンセプトに数々のメニューを準備している。機械のダウンタイム削減、迅速なサービス対応から、ユーザの生産活動支援までを実現できる。
- 通信インフラ（PHS）はRKEにて設置するため、ユーザで用意するものはなく、面倒な通信契約・配線等が一切不要である。
- rke安心ネットのメニューには、「4つの安心」「4つの便利」がある。その概要を紹介する。

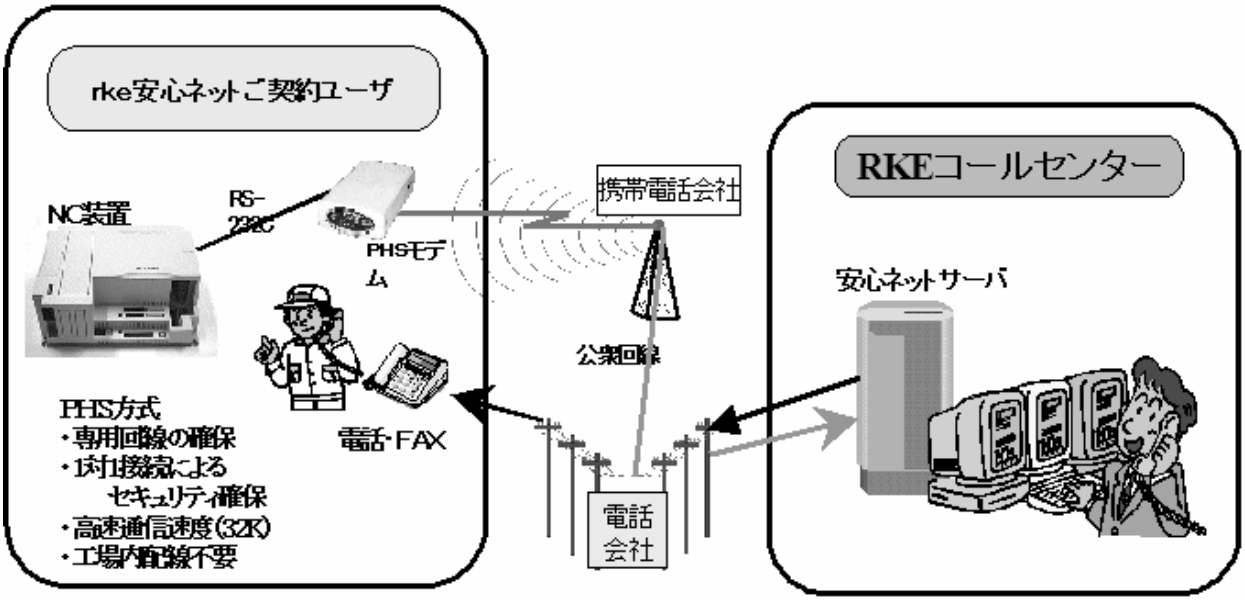


図3.2.1　遠隔サービスシステム概念図

⑵　rke安心ネット「4つの安心」

・アラーム自動通知

－自動運転中のアラーム発生状況をRKEコールセンターが把握し、無人運転でも素早い対応が可能である。

・ワンタッチコール

－ワンタッチコールボタンを押すだけで機械の状態情報が送信でき、エキスパートエンジニアによる技術サポートが受けられる。

・定期監視

－警告メッセージを定期的に監視し、解析することによって故障を予防する。

・バックアップ

－定期的にパラメータデータをバックアップすることでメモリ消えなどの発生時にも、素早く対応する。

⑶　rke安心ネット「4つの便利」

・オペレータ通知

－加工の完了や、アラーム停止などの異常発生を、オペレータの携帯電話などへ音声で自動通知する。

・定期監視報告

－監視データの集計による報告書の送信により、生産計画の管理や立案に役立つ。

・遠隔監視

－お客様の電話から、RKEコールセンターへアクセスすれば、いつでも機械の稼動状態を知ることができる。

・加工データの共有

－RKEコールセンターのサーバーを中継する事により安心ネット加入機同士であれば、たとえ遠方であってもプログラムの入出力が相互に可能となる。

3.2.4　リモートメンテナンスシステムの課題

リモートメンテナンスシステムは工作機械制御装置に記録される情報を基に遠隔から診断を行う。この結果、過去の履歴やサーボ情報など様々な情報を活用することにより、より的確な診断を専門の技術者が行う事ができる。一方、遠隔で行うために監視できる情報や操作には制約が科せられる。初期の段階で迅速な対応を行うと共に、必要に応じ現場に向かうなど、状況に応じた対応によりメンテナンスのレベルアップが可能となる。

工作機械には様々なセンサが設けられている。この情報を的確に記録することにより、より高度な判断が可能となる。今後のリモートメンテナンスシステムのレベルアップが期待される。

3.3　化学プラントにおけるメンテナンス
－住友化学㈱愛媛工場のメンテナンスの概要－

住友化学㈱愛媛工場（愛媛県新居浜市）は、基礎化学部門を支える生産基地として石油化学部門、精密化学部門で幅広く製品展開をしている。機械メンテナンス高度化研究専門部会では、厳しい環境で使用される化学設備のメンテナンスに関して、先進的な取り組みを実施している同社愛媛工場を訪問し、メンテナンスの位置づけ、機械周りでの診断技術、技術伝承・人材教育等を中心に調査を実施した。

当日は、「愛媛工場のメンテナンスの概要」について工務部チームリーダー・丸金義夫殿から、「技術・技能伝承の取組」について協力会社の青木工業㈱グループリーダー・石川正法殿から、「SC回転機チームにおける保全業務、保全技術の向上と後継者育成の取り組み等」について工務部主席部員・西田治殿から紹介をいただいた。さらに機械周りのメンテナンスを担当している青木工業㈱の作業場を見学した。本節では、当日の説明資料のうち掲載可能な部分を提供いただいたので、次頁以降に掲載した。

本報告にあたり、住友化学㈱愛媛工場長の橋本清保殿をはじめ上記皆様、また訪問調査の受け入れ等でお世話になった同社生産技術センターグループマネージャーの政友弘明殿及び関係者の皆様に、この場を借りて御礼を申し上げる。

愛媛工場のメンテナンスの概要

2007．3．13

住友化学㈱愛媛工場工務部

1．愛媛工場の設備管理

1

設備管理に対する基本方針

1）経営基本方針として、レスポンシブル・ケア活動の積極的推進
「レスポンシブル・ケア活動方針」

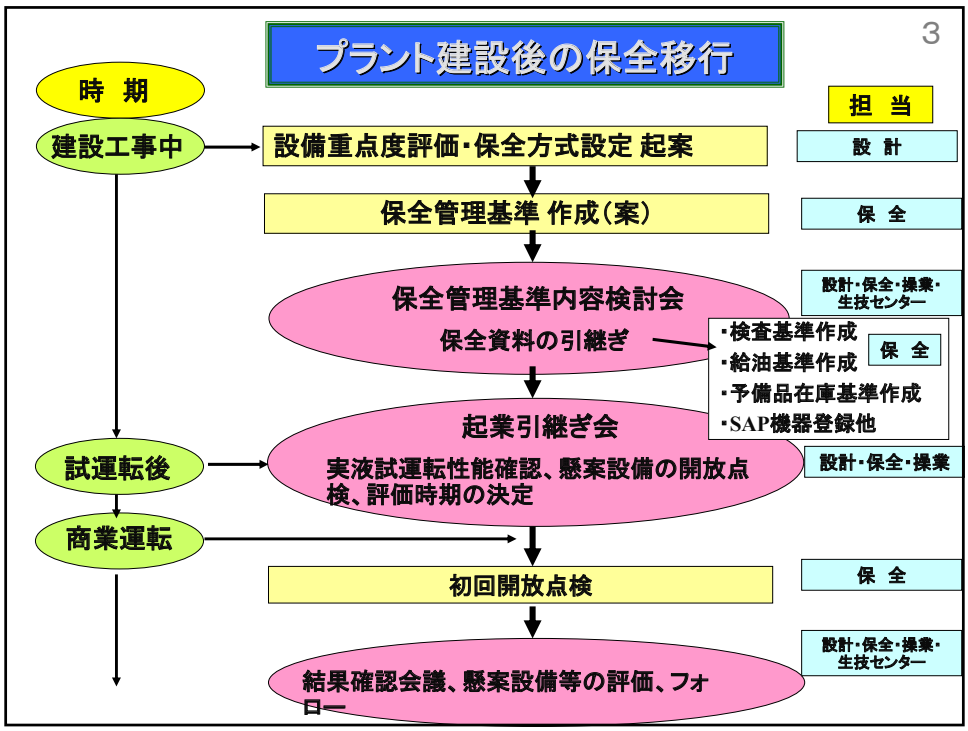
2）設備の新設、増設、改造におけるプロセス危険性の評価
「開発工業化規定」に則った開発、設計、建設等各段階での評価

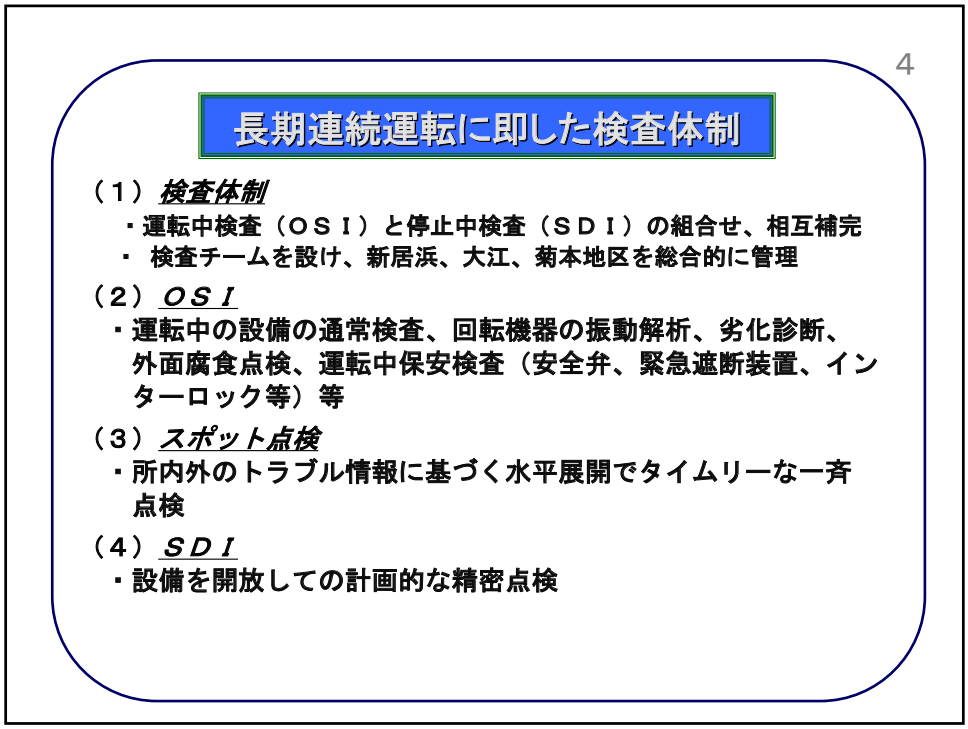
3）設備の健全性の評価
- 全設備の重要度、劣化度に応じた点検方法・周期等の策定と実行
- 今後の劣化に対する合理的な寿命予測と対策
- より高度な設備保全手法、検査方法の検討、導入

2

4）設備管理環境の整備
- 運転、保全の技術、技能の維持向上教育
- IT活用による、管理レベルを深めた設備管理システムの充実
- 保全インフラ（保全基準、検査基準、標準工数等）の整備
- 技術力集中型の組織運営（設計／保全の一体化）

5）設備管理・診断技術 研究開発
- プラントのリスク評価、管理システムの構築
- 最適設備管理手法の調査と評価
- 各種診断技術の開発


3
プラント建設後の保全移行
時　期
担　当
建設工事中
設備重点度評価・保全方式設定 起案
設　計
保全管理基準 作成（案）
保　全
保全管理基準内容検討会
保全資料の引継ぎ
設計・保全・操業・生技センター
・検査基準作成
・給油基準作成
・予備品在庫基準作成
・SAP機器登録他
保　全
試運転後
起業引継ぎ会
実液試運転性能確認、懸案設備の開放点検、評価時期の決定
設計・保全・操業
商業運転
初回開放点検
保　全
結果確認会議、懸案設備等の評価、フォロー
設計・保全・操業・生技センター


4
長期連続運転に即した検査体制
（１）検査体制
・運転中検査（ＯＳＩ）と停止中検査（ＳＤＩ）の組合せ、相互補完
・ 検査チームを設け、新居浜、大江、菊本地区を総合的に管理
（２）ＯＳＩ
・運転中の設備の通常検査、回転機器の振動解析、劣化診断、外面腐食点検、運転中保安検査（安全弁、緊急遮断装置、インターロック等）等
（３）スポット点検
・所内外のトラブル情報に基づく水平展開でタイムリーな一斉点検
（４）ＳＤＩ
・設備を開放しての計画的な精密点検

5

自主保安向上の取組み

（１）***運転中検査、設備診断技術の充実***

・日常点検、ＯＳＩ、スポット点検の充実

・工務部、生産技術センターが一体となって、設備診断技術の調査と充実

（２）***トラブルフォローの体制***

・工務部、生技センターが一体となりトラブルシューティング ＰＤＣＡ管理と水平展開

（３）***保全技術者・協力会社の教育***

・ＭＥ教育：保全核技術者育成コース（全社）

・保全技能士育成コース　他

・保全協力会社の監督者・技能者の教育支援

6

（4）***設備保全管理システムの充実***

・SAP設備管理システムによるデータ管理

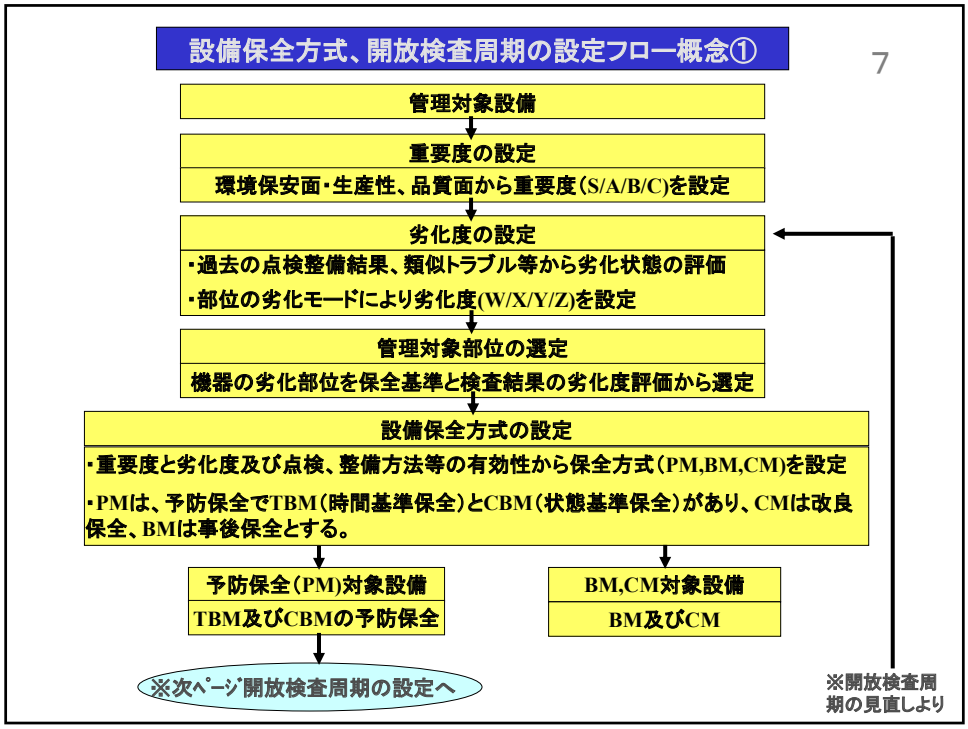
・図面・技術文書管理システムの拡大

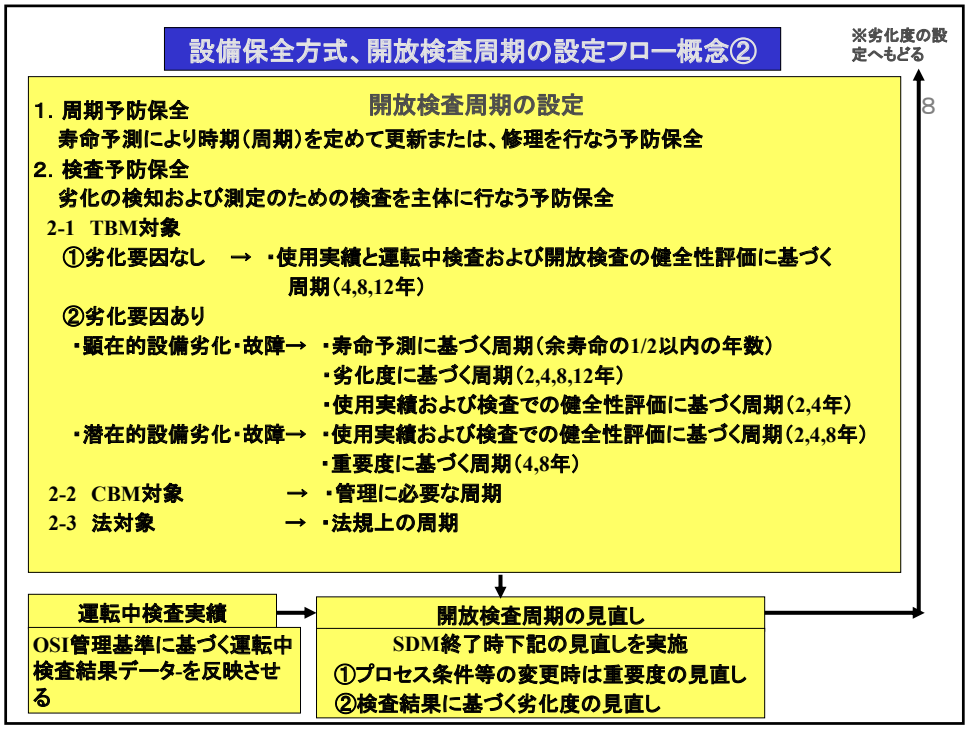
・設備技術情報（設計/材料/保全/製造等）の一元化システムの構築

（5）***体系的な保全手法の検討***

・ RCM ： Reliability Centered Maintenance

・ RBI ： Risk Based Inspection など


設備保全方式、開放検査周期の設定フロー概念①
7
管理対象設備
重要度の設定
環境保安面・生産性、品質面から重要度(S/A/B/C)を設定
劣化度の設定
・過去の点検整備結果、類似トラブル等から劣化状態の評価
・部位の劣化モードにより劣化度(W/X/Y/Z)を設定
管理対象部位の選定
機器の劣化部位を保全基準と検査結果の劣化度評価から選定
設備保全方式の設定
・重要度と劣化度及び点検、整備方法等の有効性から保全方式(PM,BM,CM)を設定
・PMは、予防保全でTBM(時間基準保全)とCBM(状態基準保全)があり、CMは改良保全、BMは事後保全とする。
予防保全(PM)対象設備
TBM及びCBMの予防保全
BM,CM対象設備
BM及びCM
※次ﾍﾟｰｼﾞ開放検査周期の設定へ
※開放検査周期の見直しより


設備保全方式、開放検査周期の設定フロー概念②
※劣化度の設定へもどる
8
開放検査周期の設定
1. 周期予防保全
寿命予測により時期(周期)を定めて更新または、修理を行なう予防保全
2. 検査予防保全
劣化の検知および測定のための検査を主体に行なう予防保全
2-1 TBM対象
①劣化要因なし → ・使用実績と運転中検査および開放検査の健全性評価に基づく周期(4,8,12年)
②劣化要因あり
・顕在的設備劣化・故障→ ・寿命予測に基づく周期(余寿命の1/2以内の年数)
・劣化度に基づく周期(2,4,8,12年)
・使用実績および検査での健全性評価に基づく周期(2,4年)
・潜在的設備劣化・故障→ ・使用実績および検査での健全性評価に基づく周期(2,4,8年)
・重要度に基づく周期(4,8年)
2-2 CBM対象 → ・管理に必要な周期
2-3 法対象 → ・法規上の周期
運転中検査実績
OSI管理基準に基づく運転中検査結果データを反映させる
開放検査周期の見直し
SDM終了時下記の見直しを実施
①プロセス条件等の変更時は重要度の見直し
②検査結果に基づく劣化度の見直し

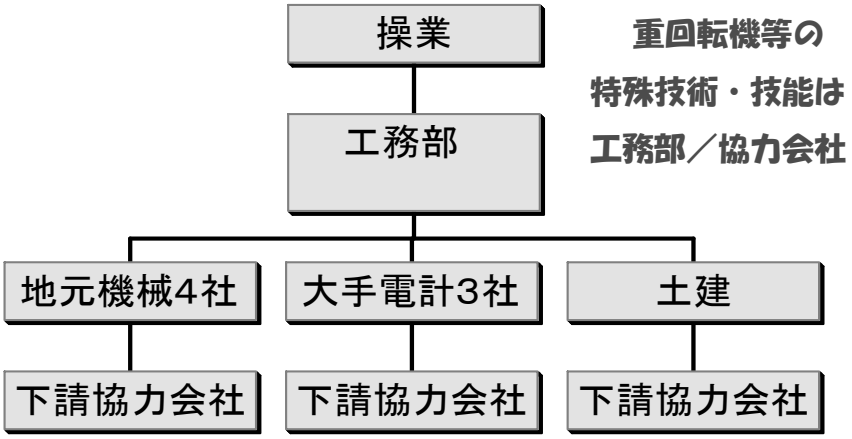
14

開放検査の方法

（１）検査計画	（参画部門）	：工務部保全、運転管理部門、他関連部門
	（点検計画）	：設備検査管理基準によるものの他、運転状況や法規改正をカバー
（２）検査	（ＳＤＭ体制）	：主体は工務部保全だが他の部門も参画 生産技術センターは保全部門の依頼の他 独自のプログラムで検査、評価を行う
（３）分析評価	（工務部保全）	：関連部門とともに検査結果のまとめと報告作成を行う

2. 協力会社改革取り組み

保全体制　愛媛工場

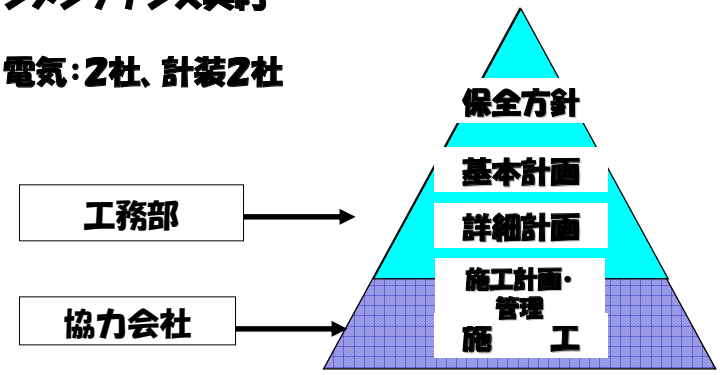


重回転機等の
特殊技術・技能は
工務部／協力会社

メンテナンス協力会社

体制：ゾーンメンテナンス契約

鉄工：4社、電気：2社、計装2社



協力会社の期待像

- 自ら「改革」「効率化追求」「良質なメンテ提供」ができる　即ちマネージメントが可能なパートナー
- 自社による「責任施工」の推進
  （工事計画、施工、記録までの一貫管理）
- 少数精鋭化（多能工）による効率的なメンテの実現
- 特殊技術・技能の伝承
- 人材の育成と継承

活動の狙い

保全・協力会社トータル保全の最適体制確立

一体の活動

保全改革活動 ⇔ **メンテ改革活動**

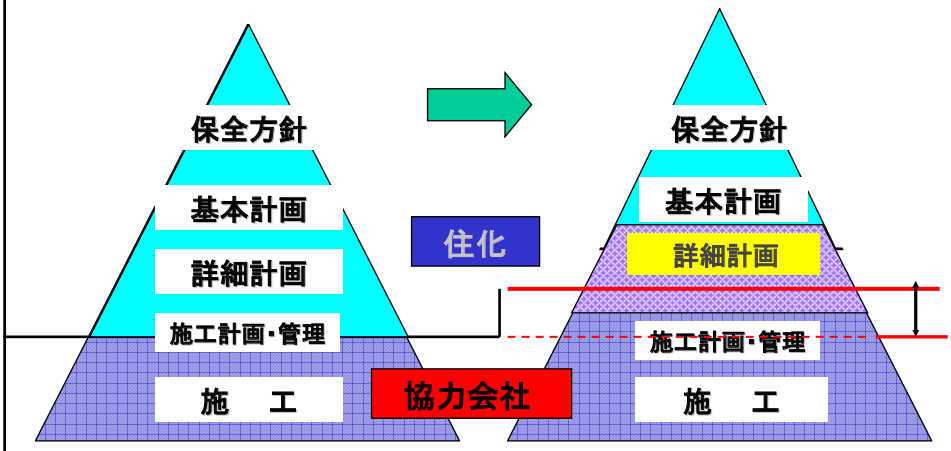
具体的狙いと特徴

狙い　1. メンテ競争力の改善
　　30％ロス改善
　　2. 責任施工体制の確立
　　3. 技術技能伝承体制の構築

特徴　第1期　協力会社／住化合同体制
　　第2期　協力会社自主取り組み

協力会社責任施工体制

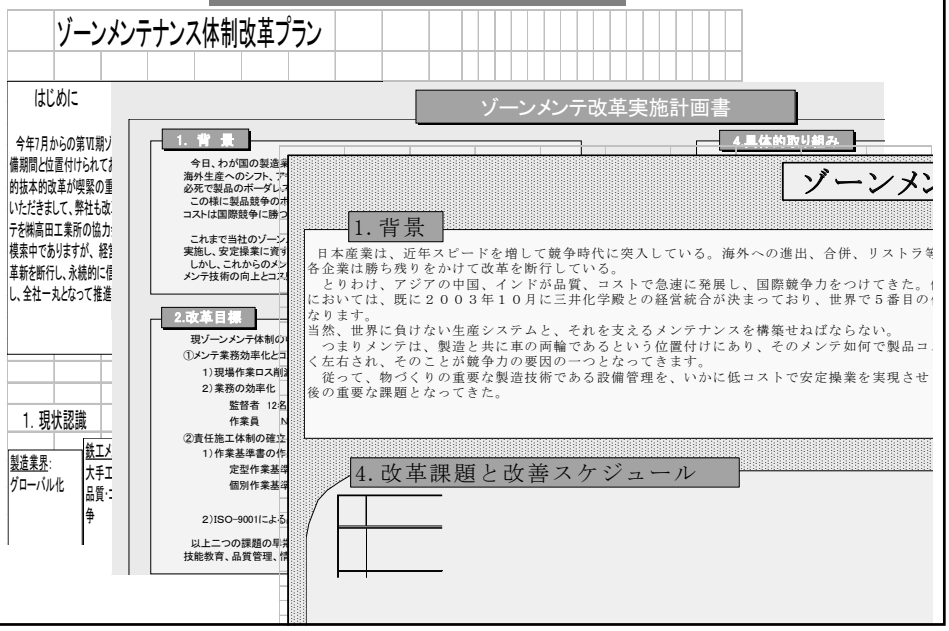
フィールド業務の大半と詳細計画の一部を協力会社へ



活動経過

- 02年3月から活動開始
- JIPMコンサル指導　02／3～03／6月
- 体制
  - ・協力会社
    - 鉄工ゾーンメンテ会社　4社
    - クレーンメンテ会社　1社
    - グループ会社担当　2社
  - ・住化　購買、工務

各社の改革プラン



コンサルタント指導

各社改革活動板

作業場整備

溶接ケーブル架空化

道工具定置管理化

ゾーンメンテ協力会社改革取り組み発表大会

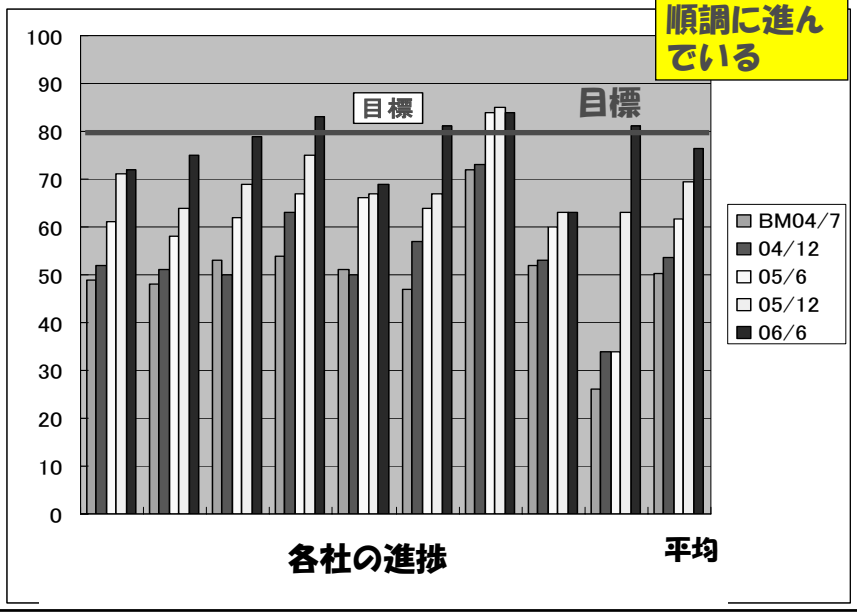
ゾーンメンテ会社改革度評価基準

狙い　1．導入システムの維持管理チェック
　　2．従来の活動でまだ不十分な項目の継続評価
　　3．重点取組み事項の活動進展評価
各社で自主評価し水準と進展度合いを把握して早期目標達成する

No	大項目	中項目	配点
1	効率化ロス削減	1）定修ロス改善	20
		2）計画性改善	10
2	責任施工体制確立	1)工事品質	10
		2）育成教育	3
		3）下請け管理	2
		4）保全機能分担	20
3	技術・技能伝承体制確立	1）回転機関係仕上げ	10
		2）特殊材溶接	5
4	活動基盤の維持管理	1）安全管理（自主管理強化）	14
		2）改善活動活性化	2
		3）作業場・道工具機能５Ｓ維持管理	2
		4）活動板	2
	合計		100

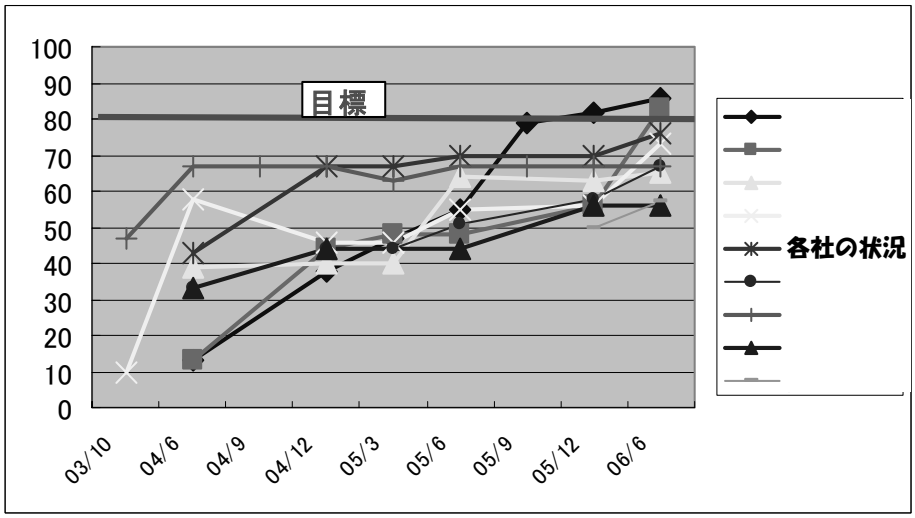
ゾーンメンテ会社改革度進捗

到達目標に向かって順調に進んでいる



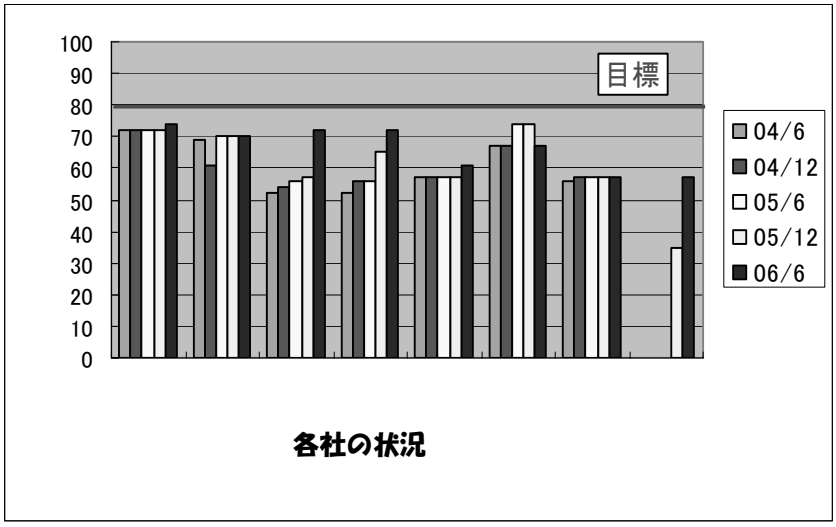
協力会社監督者能力評価

各社バラツキあるが順調に進んでいる



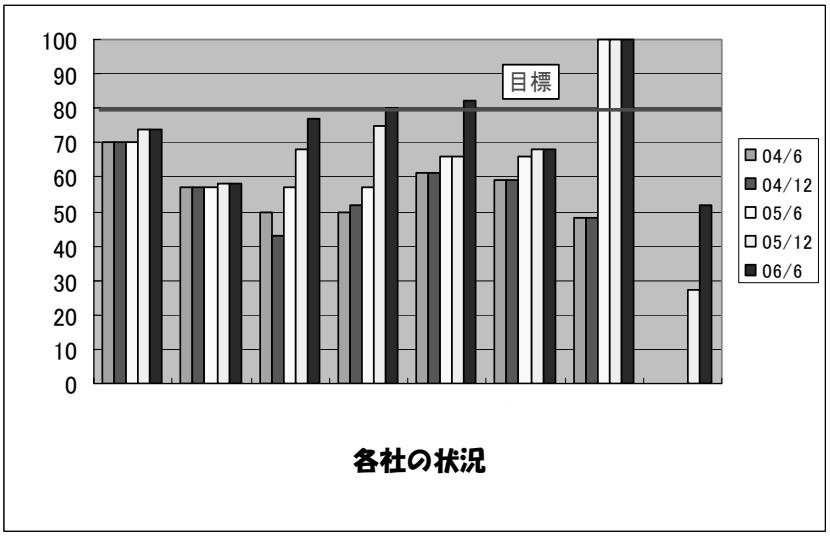
技能伝承　回転機関係

到達目標に向かって順調に進んでいる



技能伝承　溶接関係

到達目標に向かって順調に進んでいる



品質管理水準の向上

・ＩＳＯ９００１の取得

住化ゾーンメンテ会社は全て取得

・作業手順書に基づく業務遂行

７，０００枚作成

協力会社評価制度

評価方法を住化の一方的評価から
「年度ゾーンメンテ活動報告書」で協力会社自己評価したものを住化側で確認することに変更

3. 技術技能伝承取り組み事例

回転機チームの立ち上げの目的

①重回転機の一元管理による効率的・効果的かつ抜けのない信頼性の高い保全業務を実行

②重回転機保全の技術・技能の向上と伝承
- 回転機管理技術、高級仕上げ技能の伝承と後継者の養成システムづくり
- 技術・技能が伝承され、人が育つシステムをつくる

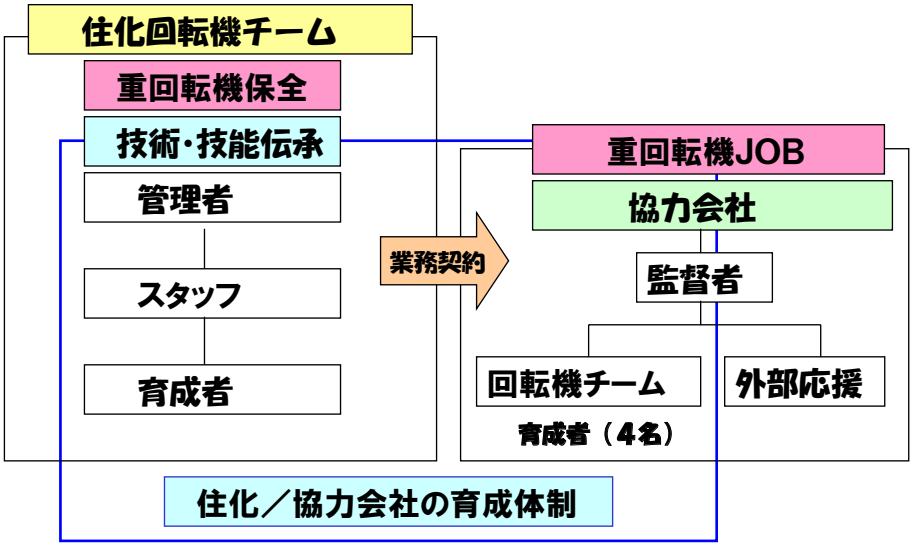
重回転機とは？

機種	型式	動力(KW)	台数
圧縮機	ターボ	440～7,080	
	スクリュー	250～600	
	レシプロ	200～700	
タービン	蒸気タービン	1,000～3,300	
	膨張タービン		
冷凍機	ターボ	200～1,300	
	スクリュー	200～700	

回転機チームの機能

- 重回転機一元管理
- 重回転機の保全計画と実行
- 診断パトロールの実行と指導支援
- 振動管理・診断と潤滑油管理
- バランシング業務の管理
- 技術基準の管理
- 新技術導入
- 後継者育成

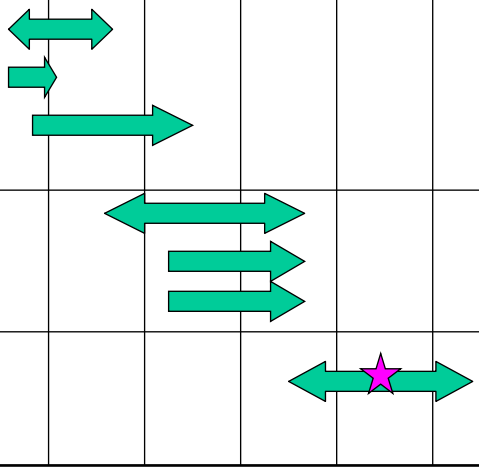
回転機チーム体制表



愛媛工場　回転機チーム立ち上げ計画書

目標　①重回転機一元管理　②回転機Expert養成　③SV養成

立ち上げSTAGE	02	03	04	05	06	07
STAGE　I　導入立ち上げ期 ①重回転機先行機一元管理 ②技術・技能伝承 （育成）システムづくり ③育成教育 ④日常点検パトロール						
STAGE　II　確立期 ①重回転機全機一元管理 ②育成の成果発現 ③基準書類の整備						
STAGE　III　定着期　成果享受 ①脱メーカーSV化率の拡大 ②CBM化OH周期最適化 ③Expert化						



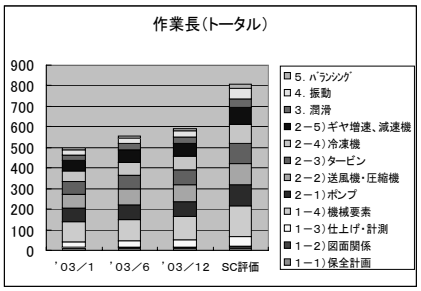
育成プログラム

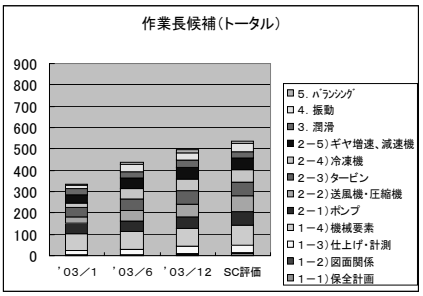
1. 各人の将来ﾎﾟｼﾞｼｮﾝ、到達ﾚﾍﾞﾙの設定
2. 育成管理指標作成
   - ・知識、技術・技能、計画管理で評価
3. 育成カリキュラム設定
   - ・知識面；機器の機能・構造・性能、図面、潤滑etc
   - ・技術・技能面；診断、ﾄﾗﾌﾞﾙｼｭｰﾃｲﾝｸﾞ、検収・判定
     O/H作業、修復・修正作業
   - ・計画管理面；保全計画、基準、保全作業計画etc

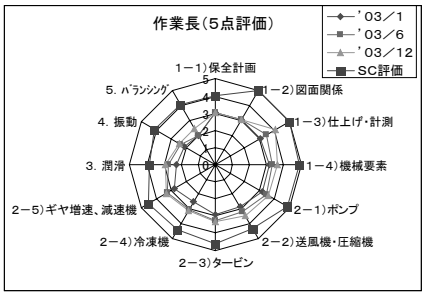
回転機育成評価項目

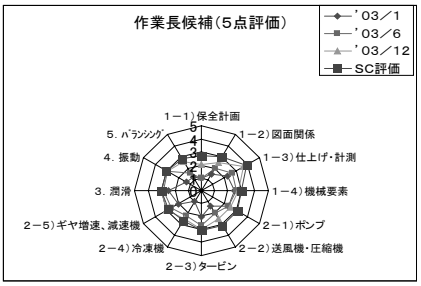
項目	内容	知識	技術・技能	計画・管理
基礎知識	保全計画			3
	図面関係	1	1	
	仕上げ・計測	3	6	
	機械要素	11	20	
機種別	ポンプ	5	8	8
	送風機・圧縮機	7	9	8
	タービン	4	9	8
	冷凍機	4	9	8
	増・減速機	3	8	8
潤滑		4	5	2
振動		3	7	2
ﾊﾞﾗﾝｼﾝｸﾞ		2	2	1
ﾓﾗｰﾙ				5

回転機チームの育成評価









重回転機の作業手順書（例）

日	No.	作業手順	作業のポイント及び注意点	所要工数・時間 人数	所要工数・時間 時間
1日目	7	1・2段圧縮機 本体開放 ① 各所開放 ② ベアリング抜取り ③ ローター抜出し ④ 吸込み・吐出し弁開放 ① ① ② ② ③ ④	・圧縮機本体開放時、ギヤ抜きは、メーカー持参の油圧ギヤ抜きを使用し抜出す事。 ・ベアリング取外し時は、ガスを使って内輪を炙って抜出す事。 ・ローター抜き出し時は、クレーンで直接抜かず、チェンブロックを用い、ゆっくりと抜出す事。 ・吸込みバタフライ弁開放時は、ピニオン・ラックギヤの噛み合せに相マークを付けておく事。	仕上 2名	5H

活動成果のまとめ

狙いであった

1. メンテ競争力の改善
   30％ロス改善
2. 責任施工体制の確立
3. 技術技能伝承体制の構築

の活動定着し、成果が出ている。

完

４．機械メンテナンスの現状と課題、解決策

4．機械メンテナンスの現状と課題、解決策

4.1　大型火力発電設備における現状と課題、解決策

火力発電設備のメンテナンスにおける課題とそれらに対する解決策を、図4.1.1にまとめて示す。その状況と課題、それらに対する解決策の詳細は以下のとおりである。

4.1.1　状況と課題

⑴　自由化や海外資本の参入によるコスト競争の激化

市場の自由化に伴いコスト競争が進んでおり、今後の海外資本の参入によりその競争はますます激化すると考えられる。そのような状況下においては、メンテナンス費用の抑制、設備の稼働率確保、そしてその両者を両立させるようなメンテナンスへの投資判断が必要となる。

⑵　機器の経年劣化の進行に伴う損傷部位の拡大

現在稼動している火力発電設備は戦後の高度成長期に運転を開始したものも多く、そのような設備では運転開始から30年以上経過している。このような発電設備を今後運用していくと、経年劣化の進行によりこれまで発生していなかった損傷モードに対する対処が必要となる。例えば配管を例にとると、寿命が短い傾向にある溶接部について検査や補修による健全性確保がなされている場合、管理すべき部位は配管の母材部にまで広がる事になる。

⑶　高度成長期にメンテナンスの経験を積んだ熟練技術者の退職

火力発電設備のメンテナンスは、その設計と比較するとマニュアル化や標準化が遅れており、技術者の暗黙知に依存する部分が多い。そのため、経験が豊富な熟練技術者が退職した場合、的確かつ効率的なメンテナンスを維持する事ができなくなる。

4.1.2　解決策

前述の3つの課題に対しては、以下の解決策が考えられる。

⑴　最適なメンテナンス投資の判断手法の確立

最適なメンテナンス投資の判断をするためには、メンテナンスをコストとしてではなく、資産価値を最大化するための投資と考える概念、すなわちPAM（Plant Asset Management）の導入が必要であり、その1つの手法としてRBM（Risk Based Maintenance）が考えられる。石油化学設備で導入検討が進められているRBMは、構成部品の破損確率とその部品が破損した場合に想定される損害額を乗じたリスクを指標として、最適なメンテナンス計画を策定するものである。現状では、国内外のユーザやメーカがそれぞれ独自にシステムを構築し、一部の火力発電設備のメンテナンスに適用されている。なおRBMは、ユニット毎の特性を直接反映したデータといえる検査結果を寿命評価に反映する事ができるため、寿命の予測精度を高度化できるメリットも有している。

⑵　付加価値が高いメンテナンス技術の開発

付加価値が高いメンテナンス技術として、高効率な検査法やモニタリング技術が考えられる。その例としては、配管の外表面に設置された保温材の撤去や、検査を実施するための足場の架設撤去等の付帯工事を削減することができる、X線による検査法やガイド波による検査法があげられる。高効率な検査法やモニタリングにおいては、計測およびそのデータ処理が自動化される事が多く、ヒューマンエラーによるトラブルやコンプライアンスの観点からも望ましい方向となる。

但し、モニタリングを火力発電設備に適用する場合、最短でも通常の定期検査間隔である2年間にわたって運転中のデータを計測する必要があるが、計測対象部位が高温等の厳しい条件にさらされるため、耐久性が高い低コストなセンサの開発が技術的な課題となっている。

高効率な検査法やモニタリングは、高付加価値産業である軍需分野や医療分野で開発された技術から転用される場合が多く、他業種のベンチマークが重要となる。

一方、設備の稼働率を向上するためには、トラブルの発生を防止する事だけでなく、万一トラブルが発生した際の停止期間を短縮する技術も必要となる。近年、新しい発電設備の建設が少ないため、トラブルの発生時に取り替えるための材料が確保できにくく、その必要性は高い。そのためには、前述のモニタリングにより、取り替える部品を事前に検知する技術と共に、短時間で補修する技術やトラブルの発生部位を取り替える事なく延命化させる応急対策技術の開発が必要である。

⑶　人材の育成

熟練技術者の技術を伝承し、的確かつ効率的なメンテナンスができることはもちろん、将来問題になるであろう劣化部位を予知する能力も備えた人材育成が必要となる。

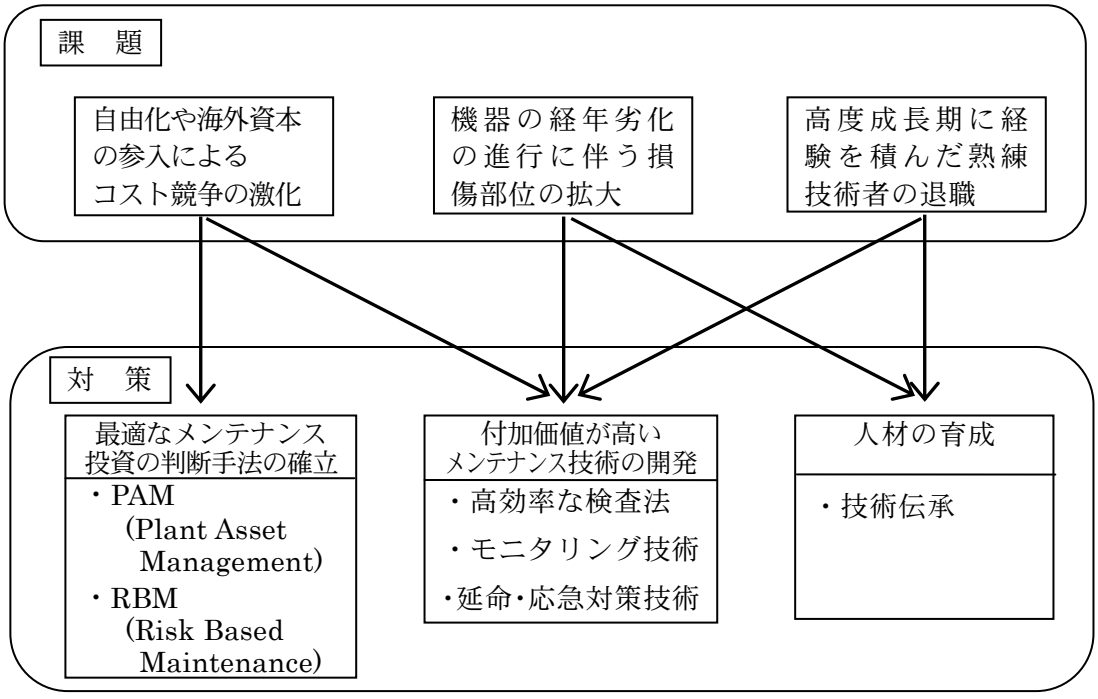


図4.1.1　大型火力発電設備のメンテナンスにおける課題と解決策

4.2 「中小型発電設備」の現状と課題、解決策

4.2.1 現状と課題

大型ガスエンジン、中型ガスタービンによるコージェネ発電設備は、法定点検のほか高度な定期点検技術が必要であることから納入メーカへメンテナンスを依頼するケースが多く、今後もその傾向は変わらないものと考えられる。 メンテナンスの発注形態は、従来の定期（年次）点検毎の契約から、中･長期保守契約のケースが増えつつある。

	中 期 契 約	長 期 契 約
期　間	約4年（＝ガスエンジン主要点検周期又はガスタービンオーバホール周期）のケースが多い	エスコ事業との関係から、10～15年契約のケースが多い
内　容	点検内容を委ねる代わりに故障時は無償で修理 工場の自家発コージェネ使用の場合に多い 半数近くが遠隔監視システムを備えており、今後更に増加が予想される	点検内容を委ねる代わりに故障時は無償で修理 通常、遠隔監視システムとセットでの契約が多い 一部の発電設備では、運転管理を含めた包括請負契約もある

最近の燃料代高騰､電力料金の値下げにより採算性が悪化し､一部に停止された設備もあるが、省エネの観点から、熱需要の高い工場等に対して今後も分散型コージェネ発電設備が採用されると想定され、メンテナンス対象設備は増加していくことが予想される。

その中で、発電設備のメンテナンスを取り巻く主な課題として、

⑴ メンテナンス技術の信頼性向上

⑵ メンテナンスコスト低減と資源有効活用

⑶ 熟練技術者の確保とO&M（運転管理およびメンテナンス）一括請負事業への対応

が挙げられる。

4.2.2 課題と解決策

⑴ メンテナンス技術の信頼性向上

a) 修理技術、寿命評価技術等の更なる高度化とメーカ・ノウハウを生かした、より効率的で付加価値の高いメンテナンスの提供

b) リモート監視の高度化とリモートメンテナンスによる予防保全

24時間リモート監視による迅速な対応とデータ蓄積・解析、傾向監視・診断プログラムの組込みによる予防保全とトラブル未然防止､データベース化による個別履歴管理と寿命予測。

リモートメンテナンス技術の確立によるタイムリーなメンテナンスと予防保全。

c) 予測保全技術・ナレッジマネジメント等の確立と更なる高度化

⑵ メンテナンスコスト低減と資源有効活用

メンテナンス技術の信頼性向上は、結果としてメンテナンスコストの低減に繋がるが、ノウハ

ウの蓄積、技術開発の推進等による付加価値の向上、信頼性向上の確保と同時に、コストミニマムの実現が要望される。

a）メンテナンス･ノウハウの蓄積によるコンディション・メンテナンスの比率拡大

b）高温部品修理技術・寿命評価技術の向上によるコスト削減

非破壊検査技術の向上、コーティング・補修溶接技術の向上など

⑶ 熟練技術者確保とO&M（運転管理およびメンテナンス）一括請負事業への対応

発電設備は、法定点検のほか高度な定期点検技術が必要であるため納入メーカが定期点検を請け負う形態は今後も継続し、運転管理も含めた長期保守契約も増加すると想定される。包括請負体制の確保とメンテナンス技術者育成・確保のためには、

a）少子高齢化、2007年問題等に対応した人材の確保と計画的育成

b）予測保全技術のナレッジ化による技術伝承への取組み

暗黙知（経験に基づく知識やノウハウ等）を形式知化することにより、技術者の早期育成に繋げるとともに、対応力の強化を図る。

c）運転管理要員確保のための地元業者の開拓と協力会社の活用

等の対応が必要となる。

⑷ 規制緩和によるメンテナンスの合理化

10MW以上の中型航空機転用型ガスタービン発電設備において、規制緩和により10MW以下の発電設備と同様に「自主管理」が適用されると、定期点検時の予備機による対応範囲が拡がることから、メンテナンス期間およびトラブル停止時間を短縮することが可能となる。 その結果、事業者の負担軽減、普及促進に繋がることも期待されることから、法改正による規制の緩和（自主管理範囲の拡大）が望まれる。

4.3 「一般廃棄物処理施設」の現状と課題、解決策

4.3.1 現状と課題

一般廃棄物処理施設（都市ごみ焼却設備）は、地方自治体が地域内住民および事業者から排出され収集した一般廃棄物を、衛生的に処理するための施設であり、地方自治体が処理事業責任を負っている。施設設備の高度化に伴って運転管理に高度なスキルを必要とするため、従来から施設の運転管理を民間（建設メーカ）へ発注する「運転管理委託」も多く見られたが、近年では、地方自治体の財政難もあいまって、施設の運転管理およびメンテナンスを一体化して15～20年間に亘る民間への「長期運営委託事業」包括契約（一部にはPFI事業（民設民営）への移行も現れている）が増加の傾向にあり、今後この傾向は更に強くなっていくものと予想される。

このように社会環境が変化していく中で、地域の快適な生活基盤を維持し続けるためには、処理施設の適切な維持管理と運転管理サービスの確保が必要であり、そのために、

⑴ 包括的運営委託契約の受け入れが可能な事業体制とシステムの確立
⑵ メンテナンスコストの低減と既存処理施設の長寿命化
⑶ 少子高齢化、2007年問題等に対応した熟練技能者・技術者の確保
⑷ 安全・安心・安定な施設運営のためのメンテナンス信頼性向上と施設改善

などの要求に応えながら、解決していくべき課題も多い。

4.3.2 課題とその解決策

⑴ 包括的運営委託契約の受け入れが可能な事業体制とシステムの確立

施設の運転管理とメンテナンスを一体化した民間への長期運営委託事業に対応していくためには、次の対応による事業受け入れ体制とシステムの確立が望まれる。

a）運転要員とメンテナンス要員の共通（多能）化
b）予防保全と事後保全との適切な組み合わせによるメンテナンスコストのミニマム化
c）リモート監視システムの導入による専門家の設備･運転診断、最適運転支援（遠隔運転・調整を含む）の実現

⑵ メンテナンスコストの低減と既存処理施設の延命化

人口減少、ごみ排出量の減少に伴い、施設（処理能力）が飽和状態にあることに加えて公共事業の予算縮減が進む中で、メンテナンスコストの低減と既存処理施設の延命化への需要が高まることが予想され、以下の対応が必要となる。

a）ユーザとの信頼関係構築によるライフサイクルコスト・ベースでの長期保全計画の策定と共有
b）メンテナンスコスト低減を目的とした新規技術の既存施設への適用
c）施設のリモート監視による長期スパンでの傾向管理と予知診断や設備・機器のリモートメンテナンスによるタイムリーなメンテナンス対応の実現
d）RFID（ICTAG）技術の導入による在庫管理・履歴管理の効率化
RFID（ICTAG）は、ID情報を埋め込んだタグから微弱電波を用いた近距離の無線通信によって情報をやりとりするものであり、導入により予備品・消耗品・副資材の在庫管理、更に

機器のメンテナンス履歴（導入から廃棄まで）管理の大幅な効率化も可能となることから、ICTAGの低価格化とシステム構築の容易化が期待される。

⑶　少子高齢化、2007年問題等に対応した熟練技能者・技術者の確保

少子高齢化、2007年問題への対応が必要とされる中で、熟練技能者・技術者を継続確保していくための解決策として、

a）技術･技能者の計画的育成と省力化対策の推進

b）作業ロボットの開発と導入等による3K作業環境の排除

等が要請される。とくに一般廃棄物処理施設のメンテナンスは、施設の特性から本来のメンテナンス（点検･整備･補修）の前に設備・機器の汚れ落とし、現状復旧に係わる清掃作業もかなり多く、作業ロボットの導入は、3K作業環境の排除・安全対策・作業効率化、人材（作業者・技能者）の確保ならびにメンテナンスコストの低減等、多くの効果が期待できる。

⑷　安全・安心・安定な施設運営のためのメンテナンス信頼性向上と施設改善

安定運転･安全操業を継続するために、メンテナンスの信頼性向上と施設の改善要求が高まる。この要求に応えていくためには、

a）施設安全設計基準、メンテナンスにおける安全基準の検討と設定

b）計測・診断・評価技術の向上とデータベース構築による統計と確率をベースとした予防保全技術の高度化

等への取組みが必要となる。

⑸　法整備による施設延命化対策の普及促進

循環型社会形成に向けたリサイクル取組みの強化に加え、人口減少に伴うごみ発生量の減少もあいまって、現状の既存一般廃棄物処理施設は処理能力ベースでは既に十分なレベルに達しているが、既存の施設の中には更新時期を迎えている所も多い。しかしながら、既存施設の建替えのためには、ごみ処理の継続性確保のために新たな建設用地を確保する必要があり、さらに多額な建設資金が必要になること、また、部分的な改造や新規技術の導入により耐用の延長を図ることが可能な施設も数多くあることから、今後更に既存施設を運転しながら改修を行う「施設延命化」のニーズが高まってくるものと思われる。

このニーズに応え、実現化していくためには、「既存施設の延命化・高機能化改造事業に対する補助制度」の創設が望まれる（施設の新設または建替えについては補助制度が整備され活用されているが、施設の大規模な改修による延命化については補助制度が整備されていない)。

4.4　昇降機分野の現状と課題、解決策

4.4.1　状況と課題

⑴　メンテナンスによる昇降機の安全性確保

エレベーターやエスカレーターなどの昇降機は、ビル、マンション、デパート、病院など多様な建物に設置されており、とくに近年のビルの高層化に伴い、建物内の縦方向の移動には不可欠なものとなっている。また、通常、昇降機は不特定多数の利用者が使用するものであり、安全性の確保は非常に重要である。昇降機は数万点にものぼる部品により構成された電気・電子・機械システムであり、ミリ単位での停止位置精度も求められている。このようなシステムを不具合なく、稼動させ続けるためには、機器の点検、劣化の予測を行い、故障を未然に防ぎ、機能を維持することが必要である。また、停電、地震、故障などで乗客の閉じ込め等が発生した場合には、速やかな対応、救出が求められる。

⑵　メンテナンスに伴う昇降機の停止時間の短縮

先に述べたように昇降機は建物内の移動に不可欠であり、公共性の高いものとなっていることから、メンテナンスを行う場合も利用者へ不便を強いることがないよう、できるだけ停止時間を短くすることが望ましい。

⑶　メンテナンスを含む昇降機のライフサイクルコストの抑制と価値向上

ビル管理の観点で考えると、昇降機の設置から維持、管理、最終的な撤去あるいはリニューアルまで、ライフサイクルにわたって機能維持とともにトータルコストを低減することが望ましい。維持、管理の一部であるメンテナンスにかかる費用もできるだけ抑制したいという希望がある。また、コスト低減のためには、エネルギー消費量を抑制することも効果があり、古い昇降機では、リニューアルが有効である場合もある。設置した昇降機をできるだけ価値の高い状況に維持していく、あるいはリニューアルして旧機種より機能・性能の向上、低コスト化を図るなど、総合的な観点での判断が必要である。

4.4.2　解決策

⑴　リモートメンテナンス

昇降機は利用者が安心して使用できるよう、安全で快適な運行が求められている。同時に、ビルの維持管理の面では省人化や万一の故障や停電時など緊急時においては早急な対応が求められる。これらの要求に応える方法の一つとして、リモートメンテナンスがある。求められる機能として、以下のようなものが考えられる。

①遠隔点検、遠隔診断

利用者の利便上、できるだけエレベーターを停止させないよう、遠隔での「異常監視」を行う。停止などの不具合に至る前に軽微な異常を早期に検知し、早い段階で対応できるようにする。また、利用者の少ない時間に無人で自動的に診断を行う「遠隔診断」を行い、予防保

全を行う。これらの対応により、メンテナンスに要する費用を抑制することが可能と考えられる。

項目		内容
遠隔監視	異常監視	閉じ込め、故障等の異常を監視
	直接通話	かご内インターホンにより情報センターと通話
遠隔点検	機器点検	機器の性能・機能を遠隔で点検
	変調通報	故障に至る前の変調情報を情報センターへ通報
遠隔情報収集	運行データ収集	走行距離、時間などの運行データを遠隔で収集
遠隔診断	精密診断	ブレーキや扉等の主要機器の性能を遠隔で診断

②遠隔閉じ込め救出

エレベーターのかごの中に利用者が閉じ込められた場合、現場に最短でおもむくことのできるエンジニアを派遣し、最優先で救出を行うが、設置場所によっては時間を要する場合もある。このような状況に対応するため、かご内に設置されたカメラの映像、インターホンなどにより情報センターにて状況確認を行った後、遠隔操作により安全にエレベーターを動かし、すみやかに利用者を救出する。

③情報センターの機能

情報センターには以下のような機能が求められる。

⑷ 顧客等からの問い合わせや出動要請を24時間体制で受け付け、対処する。

⑹ リモート点検装置からの情報を受信し、サービス拠点と連携して保守に活用する。

⑹ 故障現場へ最短時間で到着できる技術者を出動させ、復旧までの作業管理を行う。

⑷ 故障対応中の技術者が的確な点検、修理を行うことができるようにサポートを行い、停止時間の短縮を図る。

⑵ 診断ツールの開発、活用

エレベーターは適正な保守管理を行っていれば20年から25年以上の寿命を保つことが可能である。現在、国内で60万台以上の昇降機が稼動しており、機種も多様である。旧機種から最新の昇降機までの多様な機種に対して適切なメンテナンスを行うためには、技術者の技術力向上が必要であるが、それには長期的な教育や経験の積み重ねが必要であり、短期間では困難である。一方、機械化の進展により診断ツールを整備しておくことで、基本的な診断や不具合箇所の同定など細かなノウハウがなくても対応が可能な部分もある。

このような診断ツールを開発するためには、これまで経験的に積み上げてきた暗黙知やノウハウを形式知として取り扱えるようなシステムの構築が必要となるが、一旦完成すれば、経験の少ない技術者でもさまざまな状況への対応が可能となり、強力なサポートツールとして活用が可能である。

4.5　産業用ロボットの現状と課題、解決策

4.5.1　現在の状況

産業用ロボットは、1980年頃から我が国において急速に普及し、昨年度（2006年1月から12月末の期間）に生産されたロボットは約8万5千台であり、そのうち半分以上の5万台が輸出された。社団法人日本ロボット工業会がまとめた産業用ロボットの生産台数の変遷を右図に示す（会員ベースのデータ[1]）。

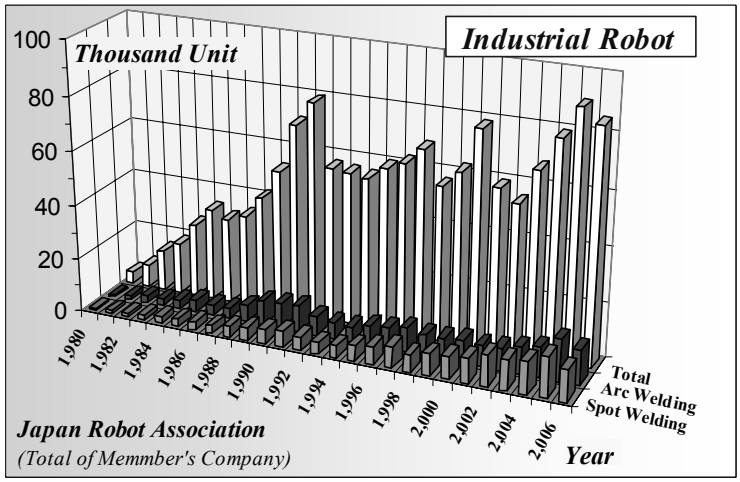


図4.5.1　我が国の産業用ロボット生産台数

世界中で稼動している産業用ロボットの台数に関しては、国際ロボット連盟等が調査し結果を公表している。2005年末時点では、全世界で約92万台の産業用ロボットが稼動し、日本国内では約37万台が稼動していると報告されている[1]。

表4.5.1　世界の産業用ロボット稼動台数（マニュアルマニピュレータ、固定シーケンスマニピュレータを除く）

	2005 END	2000 END	1995 END	1990 END	1985 END
Japan	373,481	389,442	387,290	274,210	93,000
China	11,557	930			
Rep. of Korea	61,576	37,988	18,149	3,020	
Singapore	5,463	5,370	3,275	1,389	200
Taiwan a/	15,464	6,942	3,849	1,290	227
Other Asia a/	9,784	3,660	2,417	900	
Australia/NZ a/	4,938	2,833	1,840	1,430	
North America b/	139,553	89,880	56,945	34,090	20,000
Brazil	2,672	1,230			
Other America	978	845	479	150	375
Austria a/	4,148	3,046	2,323	1,150	249
Benelux a/ c/	9,362	8,212	5,086	2,422	604
Denmark	2,661	1,414	672	470	164
Finland	4,159	2,647	1,398	810	257
France	30,434	20,674	13,276	8,350	4,150
Germany	126,725	91,184	51,375	27,320	8,800
Italy	56,198	39,238	22,963	12,200	4,000
Norway	811	540	477	440	323
Portugal	1,542	1,080	496	56	
Spain	24,081	13,163	4,913	2,100	688
Sweden	8,028	6,276	4,459	3,340	2,046
Switzerland	3,732	3,742	2,672	1,510	290
United Kingdom	14,948	12,344	8,314	5,940	3,017
Other W. Europe a/	406	231	224	3,477	
Czech Rep. a/	1,971	915	375		
Hungary	458	261	247	200	67
Poland	846	474	493	520	
Russian Fed. a/	5,049	5,000	10,000	64,204	
Slovakia a/	478	500	532		
Slovenia a/	445	363	238		
Other E. Europe a/	293	215	223	3,477	
South Africa	622	90			
Other Africa	12				
Total	922,875	750,729	605,000	454,465	138,457

Japan

('85)	93,000	67.2%
('90)	274,210	60.3%
('95)	387,290	64.0%
('00)	389,442	51.9%
('05)	373,481	40.5%

Asia. Oceania

('85)	93,427	67.5%
('90)	282,239	62.1%
('95)	416,820	68.9%
('00)	447,165	59.6%
('05)	482,263	52.3%

North America

('85)	20,000	14.4%
('90)	34,090	7.5%
('95)	56,945	9.4%
('00)	89,880	12.0%
('05)	139,553	15.1%

W. Europe

('85)	24,588	17.8%
('90)	69,585	15.3%
('95)	118,648	19.6%
('00)	203,791	27.1%
('05)	287,235	31.1%

E. Europe

('85)	67	0.0%
('90)	68,401	15.1%
('95)	12,108	2.0%
('00)	7,728	1.0%
('05)	9,540	1.0%

Africa

('00)	90	0.0%
('05)	634	0.1%

Total

('85)	138,457	100.0%
('90)	454,465	100.0%
('95)	605,000	100.0%
('00)	750,729	100.0%
('05)	922,875	100.0%

Notes:
a/ Estimated by UNECE and IFR for some or for all the years.
b/ North America: Canada, Mexico, USA)
c/ Benelux: Belgium, Netherlands

Sources : International Federation of Robotics (IFR), national robot associations and United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)
（原典：国際ロボット連盟、各国のロボット工業会、国連ヨーロッパ経済委員会）

産業用ロボットの普及が始まってから約26年が経過し、ロボットの性能や機能が飛躍的に進歩すると共に、日常の保守･運営をも含めたメンテナンスに関しても改善がなされてきた。最新のロボットコントローラでは、自己診断機能を充実させ、内蔵させた電子ファイルによる各種マニュアルと連携させて、故障の大半はユーザの保全の方でも修理できるように工夫されている。

一例としてD社製のロボットコントローラでの事例を以下に紹介する。

⑴　取扱説明書

パソコンと同様に、取扱説明書を含めた各種マニュアルが電子化されて、ロボットコントローラに内蔵されている。

日常の保守･運営時においても操作方法等を検索できるようになっている。

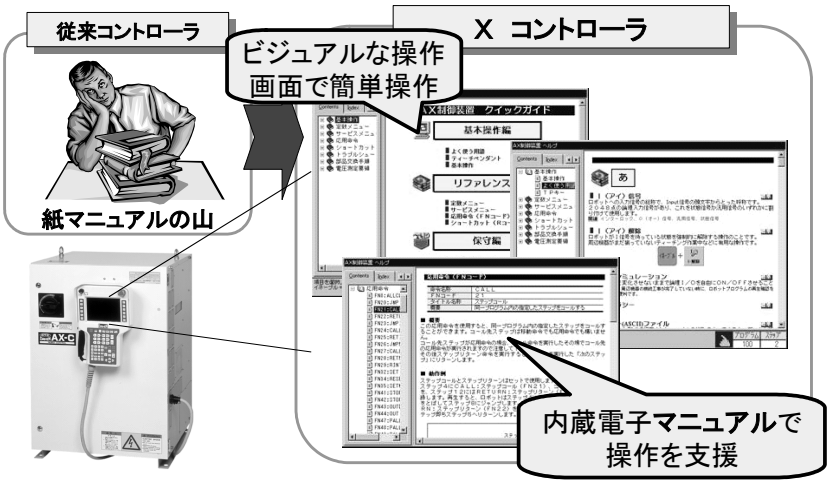


図 4.5.2　電子マニュアルのコントローラへの内臓

⑵　異常発生時の対応

異常が発生した際には、ロボットコントローラの保守に関する機能を活用しながら、トラブルシューテングを実施する。

電子マニュアルに基づき原因を調査し、対策として部品を交換する。

図 4.5.3　トラブルシューテングの例

⑶　部品交換が容易な設計

トラブルシューテングにより絞り込んだ結果に対して、部品交換が容易に行なえるよう、主要部品のユニット化と省配線化等が進められている。

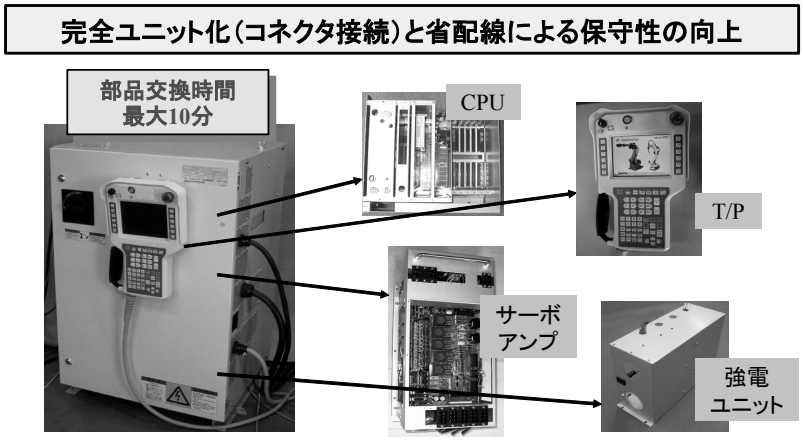


図 4.5.4　部品交換が容易な設計

今後の保守経験者の退職による保守力の減少を考えると、産業用ロボット自身でのメンテナンスに関する機能向上は、極めて有効な手段であると思われる。

4.5.2　将来（５～10年後）の課題

5～10年後の日本国内での産業用ロボットの稼働台数は、過去のデータから推測して約40万台と予測される。メンテナンスは、現状と同様にメーカごとのサービス会社が各々独自に行なう状況が継続し、ユーザは経年変化によるリスクを気にせず、故障するまで使い切るケースが多いと思われる。

こうした状況において、機械メンテナンスに関する課題は、約40万台ある産業用ロボットの生産設備を、効果的に保守するための体制が課題であり、国内以上の台数がある海外のロボットに対しても効果的に保守できるしくみを構築できることが課題である。

保守用部品に関しては、急速な電子部品の発展に伴い生産が中止される部品も多く、保守部品が生産できなくなる恐れがある。そこで、製品の機能ごとのモジュール化と、新規開発の製品でのモジュールとの互換性が求められ、モジュールごとの保守部品の流用も望まれる。

4.5.3　解決策

海外をも含めた多数の産業用ロボットに対して、効果的に機械メンテナンスを実施する課題に対して、リモートメンテナンスは極めて有効な方策と思われる。Webを介して遠隔地からロボットコントローラの状態が調査でき、必要に応じて操作できる機能と、故障や点検時にメンテナンスできる仕組みを技術とサービス体制の両面から構築する必要がある。

前節で紹介した「最新のロボットコントローラでの自己診断機能の充実」に関連し、新たに生じると思われる課題として、⑷旧機種の産業用ロボットでは、故障した際に対処方法を調べるのが大変であり、経験が無いと保守できない。⑹マニュアルに無い故障が生じたときにお手上げとなる、等が予測される。こうした課題に対しても、遠隔地からのリモートメンテナンスを実施することにより、メーカの技術者が直接、状況を把握することが可能となり解決できると思われる。

次に重要な技術は、診断技術である。生産の品質安定が導入目的の1つである産業用ロボットでは、計画的な生産が行なえる設備として、装置の健全さを保障するという課題もある。これを解決する方策として、正常であることが判定できる診断技術が重要である。

点検や故障修理等を長年経験されている方は、機械の動きや動作音等により、総合的に装置の健全さを評価されるのと同様に、標準的な動作に対するモータ電流や機械振動、あるいは、騒音等を計測することで、装置の状態が、健全であるか故障の可能性が無いか等を診断できる技術が望まれる。

＜参考文献＞

⑴日本ロボット工業会のホームページの統計データ
http://www.jara.jp/data/index.html

4.6　ジェットエンジンメンテナンスの現状と課題、解決策

4.6.1　ジェットエンジンメンテナンスの状況と課題

メンテナンスの基本は顧客からの要求品質を満足した上で、いかに「早く」、「安く」を実現するかである。それを実現するためには、⑴メンテナンス時間・期間の短縮化、⑵オン・コンディション・モニタリング技術によるメンテナンスの効率化・最適化、⑶新規修理技術の開発などが挙げられる。ここでは、⑵のオン・コンディション・モニタリング技術によるジェットエンジンメンテナンスについて、その現状と課題について述べる。

ジェットエンジンの整備方式には、予め定められた時期にエンジンを機体から取り下ろしオーバーホールを行う整備方式と、運用している機械・機器の状態を監視し、必要な時期に必要なものだけをメンテナンスするオン・コンディショナル・モニタリング整備方式とがある。航空機エンジンにおいは、以前は前者の整備方式が主流であったが、現在は後者が広まりつつある。したがって、航空機エンジンには、エンジンの状態を監視するための各種センサーが装着されている。

航空機エンジンの多くは、アメリカ連邦航空局もしくは欧州のEASA（The European Aviation Safety Agency）が定める要求事項に従い設計・製造される。その中にはエンジンに取り付ける計器に関する要求等もあり、アメリカ連邦航空局が定める要求事項 FAR par 25 1305⑹ ⑶では、1973年の時点において既に、ジェットエンジンの回転部分のアンバランス量を表示する機器の設置を求めている。

その後、80年代に入り、Shaft Speed、 EPR（Engine Pressure Ratio)、 FF（Fuel Flow)、Vibration等の性能データのCockpitでの表示が可能になった。

90年代に入ると、より高い信頼性がジェットエンジンに求められるようになり（10万時間／MTBF)、電子機器等の演算速度・記憶装置の向上にともない、各種性能パラメータのモニター／記録が可能になった（これ以前はCockpitのクルーが手書きでData Logを作成していた)。

このように、航空機エンジンには当局の要求事項の中に回転系の振動に関する検出機器の設置が義務付けられていることから、70年代からモニタリング技術が適用されてきた。その結果、現在ではエンジン内の各種性能パラメータおよび温度、圧力等のモニター／記録が可能になっている。しかしながら、それらの多くは、ジェットエンジン内の物理量（変位、温度、圧力、回転数）を“モニターし記録”するだけにとどまっており、それら結果に基づく“診断”を実施するには至っていない。高い信頼性が求められるジェットエンジンに対し、今後いかに、これらモニタリング結果を付加価値の高い情報に変換し、それに基づくメンテナンス/部品交換につなげることが課題となっている。

4.6.2　解決策

ジェットエンジンの信頼性向上には、前述のモニタリングデータを有効に活用し、故障・不具合を事前に検知し、その原因となるものを事前に除去する能力が求められる。そのような要求に対して、現在各種の診断技術の開発が行われているが、その中の一例として、航空機エンジン圧縮機のストール（失速）センサーがある。ストールはエンジンの推力を低下させ、エンジン停止につながる危険があるため、避けなければならない事象である。ストールセンサーはエンジン圧

縮機の壁面に圧力計を設置し、そこからピックアップされた情報を基にストールの兆候を察知するものである。図4.6.1にはストールセンサーの概略図を示す。

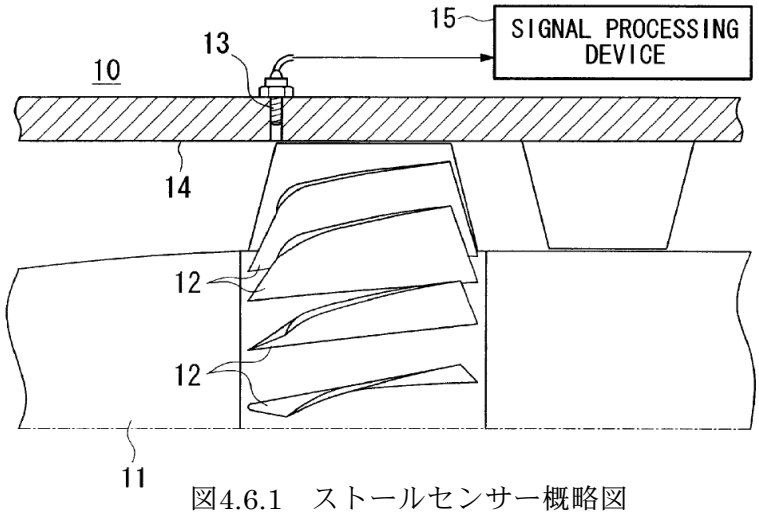


図4.6.1　ストールセンサー概略図

その停止が重大事故に直結する航空機エンジンは、1970年代から状態監視・モニタリングが実施されてきた。現在では、上の例にあるように、エンジン状態を監視するだけでなく、その状態監視データに基づく、診断／予兆検知（Diagnostic/Prognostics)が行われ始めている。このようなセンサーを用いることで、回転翼の新製時からの劣化度合いを評価し[(1)]、適切な時期に適切な数量だけ回転翼の補修／メンテナンスを行うことが可能になる。

今後もBRICs諸国などの経済発展にともない、移動手段として航空機の役割は益々重要となる。そのような状況の中で安全で信頼性の高いエンジンを供給し続けるための手段として、診断／予兆検知に基づく整備が航空機エンジンのメンテナンスの主流になると考えられる。

参考文献

(1) N. Tahara etc., “Early stall warning technique for axial flow compressor”, Proc. ASME Turbo Expo 2004, GT2004-53292（2004）

4.7　電動機のメンテナンスの現状と課題、解決策

4.7.1　メンテナンスを取り巻く状況と対応すべき課題

化学プラントなどで代表される大型の工業プラントでは、各種のポンプ装置や送風ファン、冷却機等を駆動する多くの電動機が使用されている。これらの電動機はプラント全体の稼動状況に応じて、長期間連続運転されるものもあれば頻繁に起動停止されるものなど、様々な稼動状態の下で、健全な状態を維持することが求められる。

これら電動機設置場所は、空調が設置されていない場合も多く、高温、高湿になること、場合によっては腐食性ガスなど劣悪な環境下で運転されることなどから、劣化速度が加速されることも多い。

電動機は、コイルの絶縁劣化やころがり軸受の磨耗、キズなど電気的および機械的な経年劣化を含んでおり、長年の経験に基づく要素が多いため、保全作業は熟練者に委ねられている一面もある。現状のメンテナンス方法として、保全員が運転中の機械のそばまで行き、電流値の変化状況や軸受部の振動レベル、軸受温度などを定期的に巡回し、機械の状態を監視するのが一般的であるが、環境的には暑い、寒い、うるさい、さらに高速回転部分に近づくため危険などの課題がある。また軸受の診断などでは、聴音棒を軸受部に当て、その音の状態を聞き分け、健全かどうかの判断を行ったり、専用の軸受診断機などを用いて個々に管理するのが一般的である。

将来的な電動機のメンテナンスを取り巻く状況として、①2007年問題に代表されるような熟練保全員の不足、②劣化状態の定量化方法の開発、③顧客が切望する寿命評価手法実用化の要求がある。④また、顧客から電動機交換を要求された場合に、異なるメーカーの代替機照会など、同業者間での情報の共有化（全国ネット化）なども検討課題となっている。これらの課題を解決する方法として、各種のプラント工場では、自社内でメンテンス要員の人材育成を図ることや社外のメンテナンス専門業者に委託するなどの対策を取っている。

劣化状態の診断技術に関して、電機メーカー等で電気的絶縁の予知保全技術開発が進められており、予知精度の向上が予想される。また、メーカーの異なる電動機に更新する場合に必要となる在庫情報や装置仕様のデータベース化は、突発事故発生時の緊急対応のため必要不可欠のシステムになると考えられる。

4.7.2　メンテナンス高度化に有効と思われる方策・技術および適用形態

将来的に必要なメンテナンスの高度化に有効と思われるテーマであるが、大規模な機器の更新などが計画された場合、対象設備の事前診断や現地工事の事前評価を実施し、メンテナンス期間の短縮が最も重要になる。メンテナンス期間はプラントの停止で発生する機会損失も合わせたコストを考慮する必要があり、ユーザーにとってメンテナンスがメリットあるものでないと受け入れてもらえない。この場合、現地工程のネックポイントを見出し、最短時間で復旧できるメンテナンスの提案が重要である。また、従来の定期的な保全員による点検では突発的あるいは劣化状況が短期間に進展してしまうトラブルの発生は回避できない。現状でも重要なプラントにおいては、稼動状態での常時監視と診断システムを完備したものもあるが、将来的にさらに多くのプラントや工場にこれらのシステムを普及させるために、低コストでユーザーに提供できる常時監

視・診断システムの構築のためのITを活用したネットワークシステムの構築のための技術開発が必要である。その手段として、現在、RFIDを応用し個々の電動機の振動レベルや軸受の状態を、常設した振動センサで計測し、保全員が巡回することなく、必要に応じて一度に複数の電動機から情報収集し、監視するシステムの開発が進められている。これらを利用すれば、熟練の保全員を必要としないで、短時間で多くの電動機の情報収集が可能となり、それらのデータが時系列的に解析できるため経年劣化していく状況を傾向管理できるメリットがある。これに、例えば軸受診断システムを連動させて異常の有無を管理することができる。メーカーにとってユーザーが納得できるリプレースの提案が今後重要になっていく。

4.7.3　メンテナンスの地位向上、概念拡張につなげていくための方法

メンテナンスはこれまで熟練者の人手に委ねられて面が多く、進歩の無い旧態化した技術と考えられがちであるが、今後はIT化技術と、さらに高度な劣化診断技術の開発により、突発故障による損失の回避と保全費削減を両立させ、ユーザーの経営側から見ても利益の向上に寄与する技術であるとのイメージ作りが望まれる。

これらによってメンテナンスは地位向上が図られ、顧客の要求に即した提案が可能となる事業に位置付けられる。

4.8　回転機械要素の現状と課題、解決策

グローバル化による海外への製品の輸出増加やBRICs諸国への普及・展開が進み、世界規模での製品安定供給の整備と製品信頼性の向上が求められている。また、日本国内では少子高齢化が進み設備機械・機器における保守・保全要員・工数の削減が大きな課題となっている。

平成6年度に社団法人潤滑油協会が全国の製造事業所に調査を行った潤滑管理効率化促進調査報告書[1)]によると設備機械の機械要素部品の損傷割合は図4.8.1のようになっている。

転がり軸受の損傷割合が全体の29％と高い割合を示しているのは機械要素部品としての信頼性が高いものの、他の機械要素部品よりも使用量が多いことと、過酷な使用条件で使われていることが大きな要因となっている。その中で、図4.8.2は機械要素を代表する転がり軸受の損傷原因を示したものである。適性な使用条件で使われた転がり軸受は、疲れはく離損傷で寿命に達する。ところが、疲れはく離損傷は損傷割合全体の13％と低いことから、過酷な使用条件下で使われていることが損傷原因割合からも推定することができる。

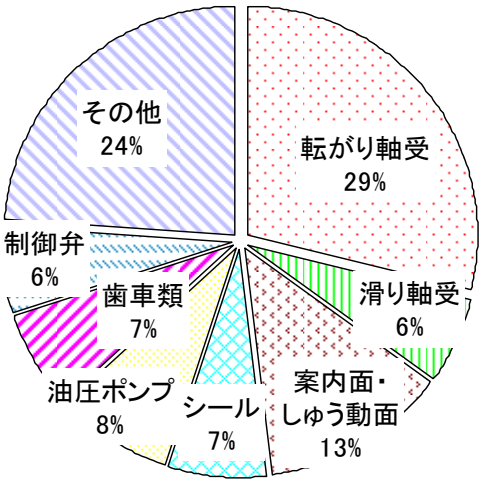


図4.8.1　設備機械における機械要素部品の損傷割合[1)]

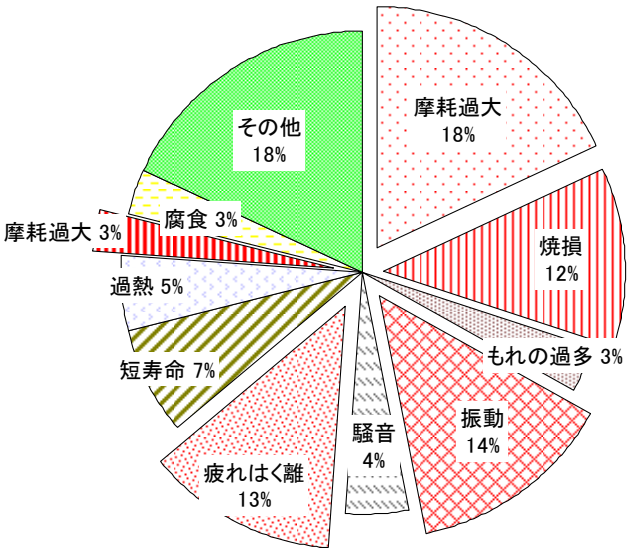


図4.8.2　転がり軸受の損傷原因[1)]

また、設備機械のメンテナンスを効率的に進めるために転がり軸受に適用されている主な設備診断方法を図4.8.3に示す。

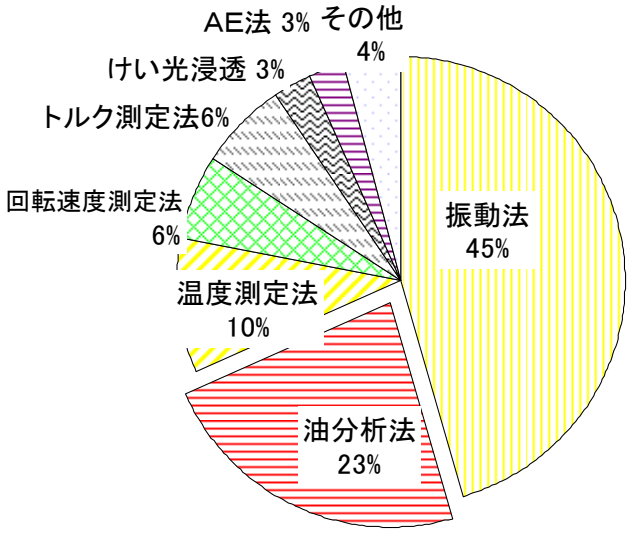


図4.8.3　転がり軸受の主な設備診断方法[1)]

設備診断においては複数の診断方法を実施し、より精度の高い診断結果が得られるように工夫がされているものの、設備機械・機器の更なる信頼性向上と稼動率低下を防ぐためには、メンテナンスの高度化が大きな課題となっている。

メンテナンスの高度化を実現させるためには、故障原因の究明と故障発生の時期を正確に把握することが重要となる。表4.8.1に転がり軸受の故障発生時期と原因を整理したものを示す[2)]。故障発生時期と原因を整理することで、ある程度の解決策を特定することが可能となる。

表4.8.1　軸受の故障発生時期と原因[2)]

故障発生時期＼原因	軸受の選定誤り	軸、ハウジングその他の部品の設計、工作の不良又は、誤り	潤滑剤、潤滑方式、潤滑剤の量の不適正	軸受の欠陥	軸受組込み作業の不注意又は、誤り	密封装置の不良、摩耗等による塵埃水分等の侵入、又は潤滑不足
(1) 軸受組込み直後又は短時間で起こる場合	○	○	○	○	○	
(2) 軸受の定期分解検査直後に起こる場合			○		○	
(3) 潤滑剤の補給直後に起こる場合			○			
(4) 軸・ハウジングその他の部品を修理、又は交換直後に起こる場合		○	○		○	
(5) 通常運転中に起こる場合			○		○	○

次に、軸受の異常な運転状態からその原因・対策を整理したものが表4.8.2である。

機械システムを構成する回転機械要素を健全な状態で使用すると共に、タイムリーな保全・補修を行うことで機械システムの信頼性向上と稼働率の維持に大きく貢献することができる。転がり軸受を代表する主な損傷現象と原因・対策について図4.8.4～4.8.5に示す。

表4.8.2　軸受の異常運転状態とその原因・対策[2)]

異常運転状態		原　　因	対　　策（補　足）
温度上昇大		1. 運転時の軸受内部すきまの過小	軸受の交換（しめしろと軸受内部すきまを検討し、適正にする。）
		2. 軌道輪のクリープ	軸受の交換（しめしろを適正にする。）
		3. 異常な過大荷重	組替え（ハウジングを調査し、修正する。）
		4. 組付け心出し不良	組替え（心出しを修正、又は組込みすきまを大きくする。）
		5. 軸受の損傷	軸受の交換（原因を究明し、対策する。）
		6. 潤滑剤の過多、又は過少	潤滑剤の減量又は補給
		7. 不適当な潤滑	潤滑剤の取替え（適正な潤滑剤に変更する。）
		8. 潤滑方式の欠陥	潤滑方式の取替え又は交換
		9. オイルシール ・しめしろの過大 ・潤滑切れ ・不適正	 シールの交換又は変更 潤滑剤の補給 シール形式又は方式の変更
		10. ラビリンスシールなどの部品の接触	組替え又は部品の修正
騒音大及び異常音	規則的な音	1. きず、打痕、圧痕	軸受の交換又は修正（軸受の取扱いに注意する。）
		2. 電食	軸受の交換又は修正（軸受に電流が通過しないように改造。）
		3. 内輪、外輪の割れ	軸受の交換
		4. 軌道面のフレーキング	軸受の交換
		5. 異物による軌道面の荒れ	軸受の交換又は修正
	高い金属音	1. 軸受内部すきまの過小	軸受の交換又は内部すきまの大きいものに変更
		2. 潤滑剤の不足	潤滑剤の補給
		3. 転動体のすべり発生	潤滑剤の変更（又は軸受の運転すきまを小さくする。）
	不規則音	1. 異物の侵入	潤滑剤の取替え
		2. 他の回転部との接触	組替え又は部品の修正
		3. 転動体のきず、フレーキング	軸受の交換
		4. 保持器の摩耗、割れ	軸受の交換
振　動　大		1. 異物の侵入	潤滑剤の取替え
		2. すきまの過大	軸受の交換又は組替え
		3. 軌道面、転動面の損傷	軸受の交換
回転トルク大		1. 組付け不良	組替え（心出しに注意、又は軸受の内部すきまを大きくする。）
		2. 密封装置の不良	組替え（オイルシールのしめしろを小さくする。）
		3. グリースの不適	グリースの減量（過多にしない。）

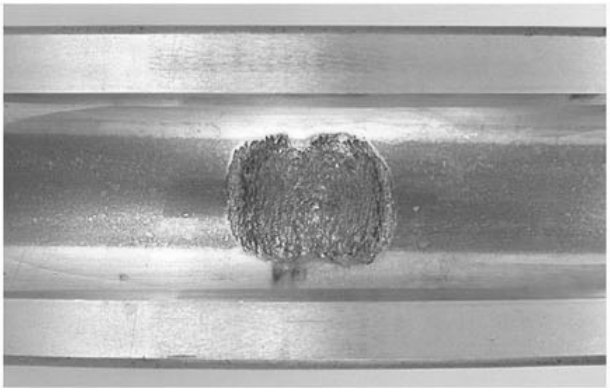


図4.8.4　内輪のはく離（深溝玉軸受）[2)]

現象：はく離は、回転によって軌道面や転動面に繰返し接触荷重を受け、表層部がうろこ状に剥がれる現象であり、軸受の寿命を意味する。

原因：はく離が早期に発生する原因として

1）軸受内部すき間が負になっている場合

2）軌道輪が傾いて取付けられている場合

3）組込み傷、圧痕、打痕、さびなどが軌道面や転動面に生じている場合

4）軸・ハウジングの精度不良

が考えられる。

対策：はく離に対する対策として

1）定格荷重の大きい軸受を使う

2）異常荷重が作用していないか調査する

3）潤滑油膜がよく形成されるように粘度を増し、潤滑方法を改善する

等を講じる必要がある。

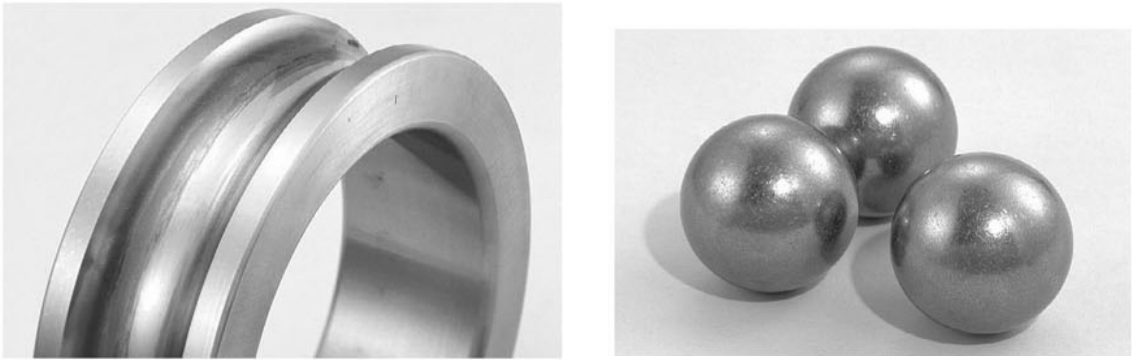


図4.8.5　内輪軌道面と玉表面のスミアリング（深溝玉軸受）[2)]

現象：スミアリングは、転がり面に部分的な微小焼付きを起こした部分が群がっている現象であり、摩擦による高い温度によって表面が局部的に溶ける程度にまでなっており、面荒れするものが多い。

原因：スミアリングが発生する原因として

1）軸受の使用方法、及び潤滑が適当でなかった時、軸受の回転中に転動体が正常に自転せず、軌道面間ですべりを生じた時に潤滑油膜切れを起こす

2）玉軸受では玉のすべりやスピンによることが多く、ころ軸受では負荷圏（荷重を受ける側）にころが出入りする時に起こり易い

が考えられる。

対策：スミアリングに対する対策として

1）潤滑油膜がよく形成されるよう、潤滑剤と潤滑方法、又は軸受を検討する

2）潤滑剤に極圧性を与える

3）すべりを防ぐ工夫をおこなう（組込みすきまを小さくする等）

等を講じる必要がある。

これらの原因を究明するとともに適切な対策を講じることで、適正な使用条件と保守・保全による機械システムの信頼性向上や稼動率の維持が可能となる。

機械要素のメンテナンスは以下の３点から今後益々重要となる。

1）製品の長寿命化：省エネルギー、省資源の観点からメンテナンスを適切に行うことで地球環境の保護に大きく貢献することが可能

2）最適交換時期の把握：製品の軽度な損傷状態を的確に把握することで適切な交換時期の設定が可能

3）機械システムの最適化：機械要素部品やユニット製品の利用状況を蓄積することで最適な部品選定と機械システムの効率的な維持管理が図れる

さらなるメンテナンスの高度化を図るためには、機械要素の適正な運転・使用状態をリアルタイムにモニタリングし、異常な状態を早期に把握することが重要となる。そのためには、異常を検知するセンシング技術とより信頼性の高い異常診断技術を構築し、遠隔地においてもリアルタイムにモニタリングできる情報ネットワークの整備と高度化が今まで以上に求められると考えられる。

【参考文献】

1）　社団法人潤滑油協会　潤滑管理効率化促進調査報告書　平成7年3月

2）　株式会社ジェイテクト　転がり軸受の損傷とその原因・対策　CAT. NO. B3001

５．メンテナンス人材の確保・育成、技術の伝承について

５．メンテナンス人材の確保・育成、技術の伝承について

（石精・石油化学分野）

5.1　メンテナンス人材の現状

数年前より団塊世代の定年による大量退職に関する問題が2007年問題として論じられてきた。各企業では対策が出されたようであるが、メンテナンスについては定年延長や再雇用等の雇用延長が主体の一時的な対策である。これら熟練経験者が安全の確保や技術伝承のために雇用延長されたか等も不明であり、メンテナンスはマイナーな位置付けとなっている。図5.1に、ある日本の石油化学企業の現在のメンテナンス部門の人員構成例（2007年問題解決後）を示すが、団塊世代の熟練者と中間層、若年層が少ない。また、最近は日本の石油・石油化学企業の海外工場建設やエンジニアリング企業のO&M（運転とメンテナンス）受注の期待等があり、海外におけるメンテナンス人材の必要性もますます大きくなっている。

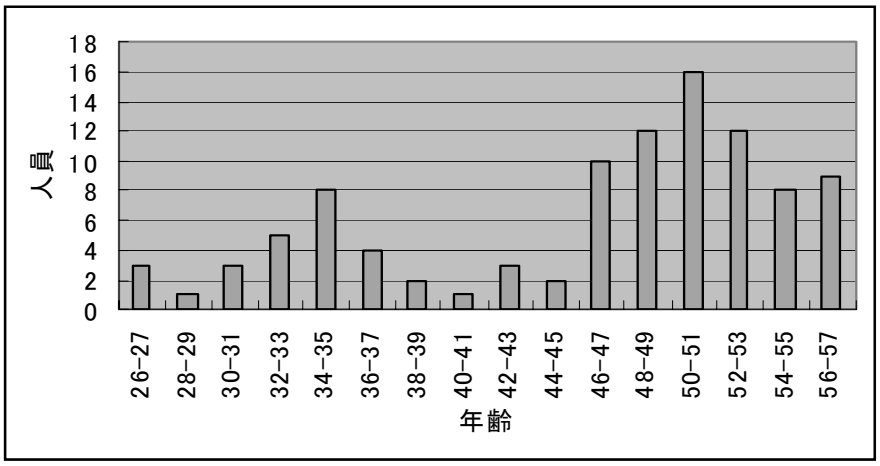


図5.1　石油化学系企業の現在のメンテナンス人員構成
（出展：平成17年度 (財)エンジニアリング振興協会報告書）

5.2　メンテナンスに関する大学教育

表5.1に日本の大学におけるメンテナンス関連講座を示す。これをみると大学教育の中でメンテナンスに係わる講座を持っているのはほとんど土木、建築学科である。機械関係では東京大学、香川大学、横浜国立大学等わずかである。

土木・建築分野は最近、リニューアル等も含めてメンテナンスや維持管理の分野がクローズアップされてきている。しかしながら産業分野ではいまだにメンテナンスの位置付けがあまり高くなく、これまでもOJT（On-the Job-Training）にて教育を行ってきたこともあり、大学での教育

は基礎教育を期待し、現場教育を含むメンテナンスの教育は特には期待されていない。一方大学においては学生の人気度、就職への有効度、学校としての方針等の現実的な判断も加味して、大学教育にメンテナンスを取り入れることは難しい。

表5.1　大学におけるメンテナンス関連講座

大学名	学会名（コース名等）	講義名
北見工業大学	土木開発工学科	維持管理工学
北海学園大学	社会環境学科	コンクリート維持管理工学、構造物維持管理工学
八戸工業大学	環境建設工学科	構造物のメンテナンス
北海道大学	環境社会工学科 シビルエンジニアリングコース	維持管理工学
東北学院大学	環境建設工学科	コンクリートメンテナンス工学
東京大学	社会基盤学科	ストック管理技術とマネジメント 社会基盤メインテナンス工学 コンクリート施工と維持管理、都市の持続再生学
	精密機械工学専攻	メンテナンス工学
	機械工学専攻	ライフサイクルアセスメント
芝浦工業大学	情報工学科	ライフサイクル工学
東洋大学	環境建設学科	構造物管理保全工学、構造物耐久性診断、 構造物補修工学
法政大学	都市環境デザイン 工学科	メンテナンス工学
早稲田大学	社会環境工学科	基盤再生工学
ものづくり大学	建設技能工芸学科	築造保全実習、木造保全実習、仕上保全実習
岐阜大学	社会基盤工学科	維持管理工学
関東学院大学	社会環境システム学科	社会基盤の維持管理
職業能力開発 総合大学校	精密機械システム工学科 機械制御システム工学科	機械保全工学
東海大学	土木工学科	建設マネジメント（維持管理と明記）
金沢工業大学	環境土木工学科	メンテナンス工学
名古屋工業大学	都市社会工学科	維持管理工学
立命館大学	都市システム工学科	施設メンテナンス
摂南大学	都市環境システム工学科	構造物メンテナンス
九州工業大学	建設社会工学科	維持管理システム
崎大学	社会開発工学科	維持管理工学
九州東海大学	都市工学科	メンテナンス
横浜国立大学	安心・安全の科学 研究教育センター	リスクマネジメント関係の講義多数
香川大学	寄付講座	メンテナンス工学（四国機器）講座
千葉科学大学	危機管理学部 （危機管理システム学科）	リスクマネージメント特論、製造物責任、 火災・爆発　他

（出展：平成17年度 (財)エンジニアリング振興協会報告書）

5.3　石油化学工場におけるメンテナンス業務

図5.2に化学工場におけるメンテナンス業務の基本的業務の概要を示す。

これによると、プラントオーナーにおけるメンテナンス業務は主として管理業務となっており、検査、補修、改造、更新等の現場作業はアウトソーシングの外注業務になっている。

また、この管理業務の内容を表5.2に示す。これらをみてわかることはメンテナンスの業務の内容が多岐にわたっており、メンテナンスの人材育成についても系統立てて考える必要がある。

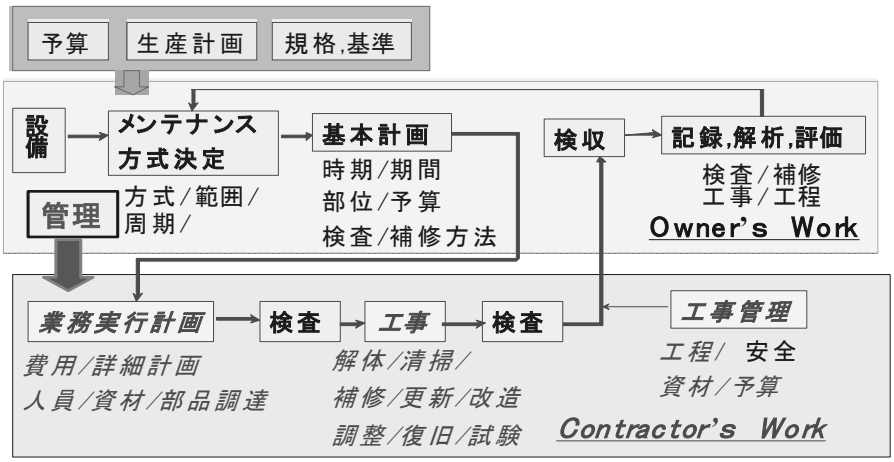


図5.2　基本的なメンテナンス業務の概要

（出展：平成17年度 (財)エンジニアリング振興協会報告書）

表5.2　メンテナンスが担当する部門での管理業務

主業務名	業　務　内　容	備　　考
機器管理	設備登録, 設備管理基準作成、技術基準等管理、固定資産管理	設備の新設，移動
予算申請	長期保全計画の立案，長期予算計画	予算申請，配分，実績集計
保全計画	月次計画，定修計画立案・確定 購買手続き，官庁手続き、工事仕様書作成 生産計画に合わせた工事計画、契約，支払	編集作業等の簡素化 工程調整の間素化 標準化管理の強化
工事管理	安全管理，工事連絡、工事工程品質管理, 検収（工事，部品）、在庫管理 点検・検査・診断，補修	検査診断技術、科学的寿命判定・予測技術、CBM、重要機器の傾向監視、検査補修技術の蓄積、OJT、標準化
工事記録	工事記録，部品記録，検査記録	記録充実
評価解析	効果測定，問題設備管理、協力会社管理 プラント別・保全状況管理	管理項目の明確化 解析項目具体化
設備改善	問題設備，改善対策項目の改善	設備改善の強化
資材管理	入出庫，在庫管理，購買データ管理	
予算管理	予算申請，実績管理	
情報管理	故障情報登録，補修情報登録、検査情報登録, 材料情報・安全情報の利用	設計情報，法規・規格など
法規管理	関係法規の整備 法規の遵守と確認	届け出、記録など

（出展：平成17年度 (財)エンジニアリング振興協会報告書）

5.4　メンテナンスに必要な人材像

前項5.3で述べたメンテナンス業務の内容と今後の少子高齢化や技術伝承の困難さ、将来のメンテナンスのあり方を考慮した場合の人材としては、これまでの熟練のメンテナンス人材中心ではなく、①マネージメント型人材、②技術開発・解析型人材、③技能型人材が必要となる。また、これらの人材はプラントオーナーおよびコントラクターの両方にこの３種類の人材が必要となる。

①マネージメント型人材

将来のメンテナンスは設備の老朽化や更なる安全志向を考えると、これまでの事故や故障が起こってから補修する事後保全型からその時点での状態を診断し、リスク評価手法等にて最適な対応を行っていく状態保全型に転換してくるものと思われる。これに伴い計画・評価・人材管理等のマネージメントシステムの確立と品質保証の基本であるP-D-C-A（プランー・ドゥー・チェック・アクション）に従った実行が求められる。このためにはこれまでの優秀な熟練技能者や運転技術者からのマネージメントへの登用のみではなく、専門の教育を受けた上での登用ということが必要である。

マネージメント型人材に必要な技術としては、資産管理、ライフサイクル・コスト解析、設備管理手法、状態監視手法等の幅広い技術が求められ経営者への提案や報告が義務づけられる。

②技術開発・解析型人材

今後は状態把握のための新しい検査技術・診断技術、余寿命予測技術、リスク評価技術等の開発、指導、普及にあたるスペシャリストの養成が必要となる。

技術開発・解析型人材に必要な技術としては材料、腐食、強度、診断、信頼性工学などの高い専門性と、法的な規格や基準についての知見があげられる。

③技能型人材

これまでのメンテナンスに最も近い役割で現場での検査業務、補修業務等の指導、実行ができる人材である。溶接、非破壊検査というような専門の技術はアウトソーシングでの外注となるが、特に溶接技術者などは希望者がなく外国人の技術者の教育を視野に入れる必要がある。

技能型人材に必要な技術としては非破壊検査、各種診断技術や設備管理技術の基礎、機械・機器の基礎的知識、等があげられる。

5.5　メンテナンス人材教育と技術伝承についての課題

前項（5.4）で述べたようなメンテナンス人材の育成を行う場合の課題としては、①現在と同様にOJTで行うとした場合は、先生にあたる熟練者が不足している。また、②生徒である新人のメンテナンス技術者もメンテナンス人員縮小のために、教育を受ける時間がとれない。従って、OFF-JT（時間外教育）を奨励している企業もあるが相当に困難であり、更に、③OFF-JTの場所

もない。その上現状は、④メンテナンスの位置付けが低く、若い優秀な人材は設計や運転を希望し、メンテナンスには人が集まらない。

一方技術伝承についても、①教える人の不足、②全体的なメンテナンス人員不足等の課題は人材育成と同様である。技術伝承の場合は、熟練技術者の保有しているノウハウをマニュアル化する必要があることも大きな課題である。⑤一部のコンサルタント企業でメンテナンス人材の育成を行っているが、マネージメント型と技術開発・解析型人材については新しい技術であり、カリキュラムもない。この解決のためには、将来的な視野で複数企業が集合して共同でメンテナンスセンターを設置・運営するしか方法はない。まとめると、

課題　①教える人材の不足
②教育を受ける人材の不足
③教育機関もない（一部あるが十分ではない）
④メンテナンスの位置付けが悪い
⑤適当なコンサルタント企業も多くなく、マネージメント型や技術開発・解析型を教育する機関は見当たらない。

これらを解決する方法として将来的にはメンテナンスセンターを設置し、その中で技術開発、人材育成、情報共有化等を行うのが望ましい。図5.3にイメージを示す。

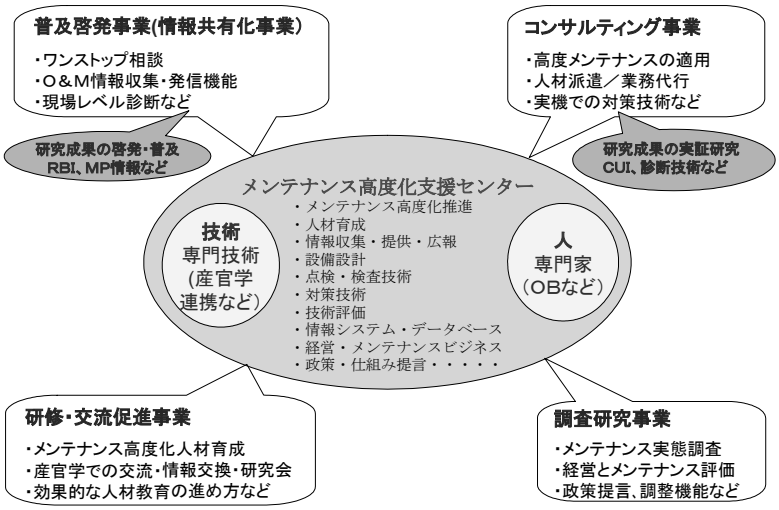


図5.3　メンテナンス高度化支援センターの事業案

参考文献

⑴　㈶エンジニアリング振興協会：「平成17年度　産業基盤・社会基盤の維持管理高度化に関する調査研究」　報告書

６．メンテナンスの地位向上のための方策・提案

６．メンテナンスの地位向上のための方策・提案

「メンテナンス」「保守」とは、一般に製品・施設等の維持・補修のことを指し、直接的な利益を生み出さないため、極力コストはかけたくなく、付随的・受け身的で、まさに「守り」の技術であるため、「製造」と比べると大変に地味で、地位が低いように思われる。しかしながら、メンテナンスは、製品・施設の長寿命化、産業廃棄物の削減による地球環境の保全（3RのReduceに貢献）や、事故発生の未然防止（事故の約10％はメンテナンス不良が原因）にとって、今後ますますその重要性が増すものと考えられる。

そこで、メンテナンスを、従来の付随的で受け身的な「守り」のイメージから解放し、より積極的な「攻め」のイメージに転換させ、その地位を向上させるためには、どのような方策が考えられるのかという点について、本調査研究の委員に対しアンケート調査を行った。様々な提案が寄せられたが、その結果を分類・整理すると、以下の5つにまとめられる。

1）メンテナンスの概念の拡張

（企業にとっての利益や競争力の源泉を生み出すための新たな概念として拡張）

・機械システムと従来のメンテナンスを一体にしたソリューションをユーザーに提供することによって、総合的なパフォーマンスの向上、ライフサイクルコストの低減を実現することが、新たなメンテナンスであるとして、従来の概念を拡張する。

・従来の維持・補修にとどまらず、その資産価値を最大限に利・活用するというアセットマネージメントの考え方を導入することによって、より積極的な概念に拡張する。

・従来の維持・補修にとどまらず、最新型部品等との交換等による機能の改善やグレードアップ化、レトロフィットなどを、メンテナンスに含めることによって、従来の概念を拡張する。この概念拡張により、「メンテナンスとは、継続的な生産行為である」と位置づけられることになる。

・製品・施設の管理や運転（運用）と一体化した概念に拡張する。

2）マネージメントシステム規格の策定による認定制度や表彰制度の創設

・ISO9000（品質管理関連）、ISO14000（環境関連）と同様なメンテナンス・マネージメントシステムの規格を策定し、事業所に対する認定制度を創設する。

・同規格に基づいて、優良事業所に対する表彰制度を創設する。

3）これまでにない画期的な新技術の開発と導入

・予測保全技術、ナレッジマネージメント等の開発により、付加価値や信頼性を向上させる。

・劣化評価データやライフサイクルコスト（LCC）評価に基づいて、顧客の要求に即した最適な提案型メンテナンス技術を開発する。

・環境に対する負荷の少ない（廃油・廃材等の少ない）メンテナンス技術を開発する。

・メンテナンスフリーを可能とする製品コンセプトと技術を開発する。

4) 補助制度の創設、規制緩和・法改正の推進

・新施設への置き換えが困難な既存施設に対して、長寿命化や高機能化等の改造を行うための補助制度を創設する。

・発電設備のように、法による規制があるものに対して、その規制緩和や法改正を行う。

5)「メンテナンス」に替わる用語の創出

・「メンテナンス」という用語は、後ろ向きでイメージが良くない。「メンテナンス」に替わる新たな用語の創出が必要である。

今後、上記の各提案項目について、さらに詳細な検討を行い、その実現に向けての具体的なアクションプランを策定する必要があるものと考えられる。

7．ま　と　め

7．まとめ

本専門部会では、次の二つの観点から機械メンテナンス高度化に関する調査研究を行ってきた。

1）メンテナンスを従来の維持・補修という概念から、機能のグレードアップ等も含めた継続的な生産行為であり、企業の利益や競争力の源泉を生み出すための新たな概念であると捉え、それを実現するための方策について検討する。
2）新たな計測・診断・寿命予知技術やリモートメンテナンス、ワイヤレスセンサ、RFIDなどの技術を活用したメンテナンスの高度化、機械化・自動化、省力化、低コスト化を実現するための課題の調査研究を行う。

H17年度に機械メンテナンスに関わる現状の把握と共通的な課題の抽出を行ったのを受けて、H18年度は主に課題の解決策の検討、メンテナンスの地位向上のための提案をも含めた調査研究を実施した。

6章までの内容をあらためて俯瞰すると、機械メンテナンスに関する課題と解決策、メンテナンスの地位向上のための提案として、以下のようにまとめることができる。

⑴ 劣化・損傷のセンシング技術、機器の状態モニタリング技術の高度化

高度メンテナンスには、各種の要因による機器の劣化・損傷を検出するセンシング技術や状態モニタリング技術の高度化が必要である。メンテナンスを実施するタイミングとして、定期的な点検を行うTBM（Time Based Maintenance）だけでなく、機器の状態をモニタリングした結果に基づくCBM（Condition Based Maintenance）が行われている事例もある。

⑵ リモートメンテナンス、センサネットワーク・RFIDの活用

機械設備に異常や劣化が発生したときに、監視センター等へ情報を伝え、対応を行うリモートメンテナンスが行われている場合がある。また、センサネットワークやRFIDを用いた状態監視や履歴管理なども今後広まっていくと考えられる。軽微な不具合を検知して対応できることから、重大な不具合に至る前に処置が可能であり、メンテナンスコストの低減にもつながる。リモートメンテナンスシステムでは、状態監視や遠隔点検のほか、不具合が発生した場合に緊急の対応を遠隔操作で行うことも可能である。このほか、検出結果から機械設備の状況を判断する診断技術の高度化も望まれる。さらに、予測保全技術やナレッジマネジメント等の開発により、付加価値や信頼性の向上が期待される。

⑶ 機械設備のライフサイクルコスト低減と価値向上

機械設備の種類によりライフサイクルの様態が異なり、大型機械設備のように設備更新期間が長いものでは、保守人員の確保や保守計画の立案がきちんと実施される場合が多い。機械設備の

設置段階から維持・管理、廃却に至るまでのライフサイクルに亘る機能維持とともにトータルコストを低減することが望まれる。さらに、劣化評価データなどに基づいて顧客に最適なメンテナンスを提案できるようなシステムの開発も望まれる。

⑷　メンテナンスの概念の拡張

メンテナンスは従来、機械設備の維持・補修のことを指し、直接的な利益を生まないため、付随的・受身的な「守り」の技術であった。しかし、メンテナンスは機械設備の長寿命化、廃棄物の削減による地球環境の保全、事故発生の未然防止の観点から今後重要性が増すと考えられる。そこで従来のメンテナンスの概念を拡張し、その地位の向上を図り、企業にとって利益や競争力の源泉の一つとなることが望ましい。この考えに沿ったメンテナンス概念の拡張案として次のようなものがある。①機械システムとメンテナンスを一体にしたソリューションとしてユーザに提供し、総合的なパフォーマンスの向上、ライフサイクルコストの低減を図る。②資産価値を最大限に利・活用するアセットマネジメントの考えを導入する。③部品やモジュールレベルの交換による機能アップやレトロフィットなどをメンテナンスに含め、「継続的な生産行為」として位置づける。

⑸　人材の育成、技術の伝承

団塊世代の退職による熟練技術者の不足や少子高齢化の進展による人材不足が問題となりつつある。メンテナンス業務は多岐に亘り、専門の教育機関もなく、技術伝承も容易ではない。これらの課題に対して、メンテナンスの地位向上を図るとともに、メンテナンスに関連する情報の提供、コンサルティング、研修などを行うようなメンテナンス高度化を支援する組織の設立が望まれる。

⑹　マネージメントシステム規格の策定による認定制度や表彰制度の創設

ISO9000（品質管理）、ISO14000（環境）に類似したメンテナンスマネジメントシステムの規格を策定し、事業所等に対する認定制度の創設を図り、業務の標準化やメンテナンスの地位向上に結び付けて行くことが望まれる。また、この規格に基づいた優良事業所への表彰制度の創設などもメンテナンスの地位向上に有効と考えられる。

⑺　補助制度の創設、規制緩和・法改正の推進

新たな設備へのリプレースが困難な既存設備に対して、長寿命化や高機能化の改修を行うための補助制度の創設、発電設備のように法規制があるものに対する規制緩和や法改正等により、メンテナンス事業の促進を図ることが望まれる。

日機連18研究交流

機械メンテナンス高度化に関する調査研究

－機械メンテナンス高度化研究専門部会報告書(Ⅱ)－

平成19年３月

発　行　社団法人　日本機械工業連合会
東京都港区芝公園３－５－８　機械振興会館
電話　03(3434)5383

印　刷　三協印刷株式会社
東京都目黒区目黒本町５－20－７
電話　03(3793)5971

※禁無断転載